CALAGEM EM CULTIVOS SUCESSIVOS DE CENOURA
(*Daucus carota* L) E ALFACE (*Lactuca sativa* L)

PAULO ESPÍNDOLA TRANI

ORIENTADOR: PROF. DR. KEIGO MINAMI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia,
área de concentração: Fitotecnia

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio - 1995

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"/USP

Trani, Paulo Espíndola
T772c Calagem em cultivos sucessivos de cenoura (*Daucus carota* L.) e alface
(*Lactuca sativa* L.). Piracicaba, 1995.
130p. ilus.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Alface - Efeito da calagem
2. Calagem
3. Cenoura - Efeito da calagem
4. Solo - Acidez I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piraci
caba

CDD 631.821
635.13

CALAGEM EM CULTIVOS SUCESSIVOS DE CENOURA
(*Daucus carota* L) E ALFACE (*Lactuca sativa* L)

PAULO ESPÍNDOLA TRANI

Aprovada em: 06 de junho de 1995

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Keigo Minami

ESALQ/USP

Prof. Dr. Cyro Paulino da Costa

ESALQ/USP

Prof. Dr. João Tessarioli Neto

ESALQ/USP

Dr. Eduardo Antonio Bulisani

IAC/CAMPINAS

Dr. Rúter Hiroce

IAC/CAMPINAS

Prof. Dr. Keigo Minami
- Orientador -

"O valor do homem não está somente na sua cultura ou inteligência, está também na sua educação moral, no seu caráter, no desprendimento pelos bens materiais e no seu sentimento de amor ao próximo".

Através deste pensamento de meu pai, João Trani ("in memoriam") aqui registrado, expresso minha gratidão por seu exemplo de vida.

À minha mãe Maria, minha esposa
Dalva e meus filhos Paula Maria
e André Luis, **dedico** este tra-
balho com especial carinho.

AGRADECIMENTOS

A seguir manifestamos nossos sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

- à ESALQ/USP pela oportunidade de realizar o curso de pós graduação.

- ao Instituto Agrônômico, especialmente à Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, nas pessoas do Dr. Rui Ribeiro dos Santos (Chefe) e Sr. Roberto Faria, pelas excepcionais condições proporcionadas para realização do experimento durante 3 anos.

- à Seção de Técnica Experimental e Cálculo, na pessoa da Dra. Violeta Nagai, pela orientação no delineamento experimental e execução da análise estatística dos resultados.

- à Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do IAC, pelas análises químicas de solo e tecido vegetal efetuadas, particularmente ao Dr. Bernardo van Raij quanto às sugestões apresentadas para o planejamento técnico do experimento.

- à Seção de Fitoquímica, na pessoa da Dra. Haiko Enok Sawazaki, pela análise da qualidade nutricional das hortaliças estudadas.

- à Seção de Irrigação e Drenagem, na pessoa do Dr. Emílio Sakai, pelo apoio técnico para irrigação do experimento.

- aos professores, Dr. Cyro Paulino da Costa, Dr. João Tessarioli Neto, da ESALQ e pesquisadores Dr. Rúter Hiroce e Dr. Eduardo Antonio Bulisani pelas sugestões construtivas e correções deste trabalho científico.

- ao Dr. Carlos Roberto Espíndola, da UNICAMP, pelas sugestões e correções do texto deste trabalho.

- ao Dr. Ondino Cleante Bataglia, do IAC e Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária (SAA), pelo apoio durante a realização deste trabalho.

- à eng^a agrônoma Simone da Costa Melo, pela colaboração durante a etapa de campo da Tese.

- à bibliotecária Ana Maria Rabetti, da UNICAMP, pela revisão das referências bibliográficas.

- ao Dr. José Alberto Caram de Souza Dias pela revisão e correção do "Summary".

- à Sra. Ilza Rosa Balbo Lorena pela digitação e correções do texto desta Tese.

- ao colega Francisco Antonio Passos pelo apoio e amizade.

- ao Prof. Keigo Minami, pela valiosa orientação, ensinamentos, filosofia de trabalho e amizade.

- aos colegas João Baptista Fornasier e Rogério Salles Lisbão, "in memoriam".

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xiv
RESUMO	xviii
SUMMARY	xx
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. Considerações gerais sobre os critérios de calagem utilizados no Estado de São Paulo	4
2.2. Efeito residual da calagem nas culturas	7
2.3. Efeito da calagem e adubação na nutrição mineral, na produtividade e na qualidade da cenoura	9
2.3.1. Faixa adequada de pH no solo	9
2.3.2. Efeito do cálcio e magnésio	<u>10</u>
2.3.3. Efeito dos micronutrientes	12
2.3.4. Efeito da adubação orgânica	13
2.4. Efeito da calagem e adubação na nutrição mineral, na produtividade e na qualidade da alface	15
2.4.1. Faixa adequada de pH no solo	15
2.4.2. Efeito do cálcio e magnésio	<u>16</u>
2.4.3. Efeito dos micronutrientes	21
2.4.4. Efeito da adubação orgânica	23

3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Material	25
3.1.1. Local	25
3.1.2. Clima	25
3.1.3. Solo	26
3.1.4. Cultivares	27
3.1.5. Corretivo da acidez do solo	28
3.1.6. Fertilizantes	28
3.1.7. Outros materiais utilizados	30
3.2. Métodos	30
3.2.1. Delineamento experimental	30
3.2.2. Condução do experimento com cenoura ..	32
3.2.3. Condução do experimento com alface ...	34
3.2.4. Avaliação da produtividade e qua- lidade da cenoura	35
3.2.5. Avaliação da produtividade e qua- lidade da alface	38
3.2.6. Avaliação das características quí- micas do solo	38
3.2.7. Avaliação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas e raí- zes de cenoura	40
3.2.8. Avaliação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas da al- face	41
3.2.9. Análise estatística dos resultados ...	41

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1. Descrição dos sintomas de deficiências nutricionais.....	43
4.1.1. Cenoura	43
4.1.2. Alface	47
4.2. Efeito da calagem sobre as produções e qualidade comercial da cenoura.....	48
4.3. Efeito da calagem sobre a qualidade nutricional da cenoura.....	59
4.4. Efeito da calagem sobre as produções e diâmetro da alface.....	61
4.5. Efeito da calagem nas características químicas do solo.....	71
4.5.1. Efeito da calagem nas características químicas do solo, antes do plantio das hortaliças.....	71
4.5.2. Efeito da calagem nas características químicas do solo, após as colheitas das hortaliças nos anos 1, 2 e 3.....	73
4.6. Efeito da calagem nos teores de macro e micronutrientes nas folhas e raízes.....	99
4.6.1. Resultados de análise de folhas e raízes de cenoura no ano 1 do experimento....	99
4.6.2. Resultados de análise de folhas de cenoura no ano 1 (efeito residual do calcário) do experimento.....	101

4.7. Efeito da calagem nos teores de macro e micronu-	
trientes em folhas de alface.....	112
5. CONCLUSÕES	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1	Médias de temperatura (máxima, mínima e média) e totais de chuva nos períodos do experimento, medidas no posto meteorológico da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul	26
2	Análise química do solo (0 a 20cm de profundidade) no local do experimento.....	27
3	Análise granulométrica do solo (0-20cm de profundidade) do local do experimento...	27
4	Esquema de análise de variância utilizada no trabalho.....	42
5	Produções de cenoura, classificada em tipos comerciais, em função da calagem efetuada no ano 1 do experimento.....	53
6	Produções de cenoura, classificada em tipos comerciais, em função da calagem efetuada no ano 1 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 2 do experimento.....	54
7	Produções de cenoura, classificada em tipos comerciais, em função da calagem efetuada no ano 1, no ano 2 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 3 do experimento.....	55

8	Teores de betacaroteno (pró vitamina A), açúcares totais, açúcares solúveis e matéria seca de raízes de cenoura, con- forme doses de calcário aplicadas no ano 1 do experimento.....	60
9	Peso da alface (média de 20 plantas) em função da calagem (efeito em cada ano e residual nos anos 2 e 3).....	64
10	Diâmetro da alface (média de 20 plan- tas) em função da calagem (efeito em cada ano e residual nos anos 2 e 3).....	65
11	Resultados de análise de solo, 30 dias após a calagem, adubação NPK e orgânica, antes dos plantio de cenoura e da alface no ano 1 do experimento.....	74
12	Resultados de análise de solo após co- lheita da cenoura, em função da calagem efetuada no ano 1 do experimento.....	75
13	Resultados de análise de solo após co- lheita da alface, em função da calagem efetuada no ano 1 do experimento.....	76
14	Resultados de análise de solo após co- lheita da cenoura em função da calagem efetuada no ano 1 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 2 do experi- mento.....	77

15	Resultados de análise de solo após colheita da alface, em função da calagem efetuada no ano 1 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 2 do experimento.....	78
16	Resultados de análise de solo após colheitas da cenoura e da alface, em função da calagem efetuada no ano 1, no ano 2 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 3 do experimento.....	80
17	Resultados de análise de solo, na profundidade de 20 a 40 cm, após colheitas da cenoura e da alface, em função da calagem efetuada no ano 1, no ano 2 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 3 do experimento.....	81
18	Resultados de análise de macronutrientes em folhas de cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.....	102
19	Resultados de análise de micronutrientes em folhas de cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.....	103

20	Resultados de análise de macronutrientes em raízes de cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.....	104
21	Resultados de análise de micronutrientes em raízes de cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.....	105
22	Resultados de análise de macronutrientes em folhas de cenoura, no ano 2, mostrando o efeito residual de doses de calcário aplicadas no ano anterior (ano 1).....	106
23	Resultados de análise de micronutrientes em folhas de cenoura, no ano 2, mostrando o efeito residual de doses de calcário aplicadas no ano anterior (ano 1).....	107
24	Resultados de análise de macronutrientes em folhas de cenoura, conforme doses de calcário aplicadas no próprio ano 2 do experimento (efeito no ano).....	108
25	Resultados de análise de micronutrientes em folhas de cenoura, conforme doses de calcário aplicadas no próprio ano 2 do experimento (efeito no ano).....	109

26	Resultados de análise de macronutrientes em folhas de alface, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.....	115
27	Resultados de análise de micronutrientes em folhas de alface, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Aspecto da área com experimento de calagem em cenoura de inverno (ano 1).....	36
2	Aspecto da área com experimento de calagem em alface de verão (ano1).....	36
3	Plantas de cenoura aos 45 dias de idade, em parcela sem calcário (ano 1).....	45
4	Plantas de cenoura aos 45 dias de idade, em parcela com 6 t de calcário por ha (ano 1).....	45
5	À esquerda, 1 planta de cenoura do tratamento com calcário (6t/ha). À direita, 2 plantas e 1 folha destacada, do tratamento sem calcário.....	46
6	Alface aos 70 dias, em parcela (1º plano) do tratamento sem calcário (ano 1).....	49
7	Alface aos 70 dias, em parcela (1º plano) que recebeu 8t de calcário por ha (ano 1).....	49

8	À direita, alface da parcela que recebeu 8t de calcário por ha (aplicação anterior ao cultivo da cenoura). À esquerda, 2 plantas de alface de parcela sem calagem	50
9	Produção de cenoura em função de calagem, efeito da aplicação em 3 anos agrícolas	56
10	Produção de cenoura em função de calagem, efeito no ano e residual nos anos 2 e 3 do experimento.....	57
11	Peso da alface em função de calagem, efeito da aplicação em 3 anos agrícolas....	66
12	Peso da alface em função de calagem, efeito no ano residual e nos anos 2 e 3....	67
13	Diâmetro da alface em função da calagem, efeito da aplicação em 3 anos agrícolas	68
14	Diâmetro da alface em função da calagem, efeito no ano e residual no anos 2 e 3	69
15	Variação do pH do solo em função da calagem, efeito da aplicação em 3 anos agrícolas.....	84

16	Variação do pH do solo em função da calagem, efeito no ano e residual nos anos 2 e 3	85
17	Teores de cálcio no solo em função da calagem, efeito da aplicação em 3 anos agrícolas.....	86
18	Teores de cálcio no solo em função da calagem, efeito no ano e residual nos anos 2 e 3.....	87
19	Teores de magnésio no solo em função da calagem, efeito da aplicação em 3 anos agrícolas	88
20	Teores de magnésio no solo em função da calagem, efeito no ano e residual nos anos 2 e 3.....	91
21	Variação da S. de bases no solo em função da calagem efeito da aplicação em 3 anos agrícolas	92
22	Variação da S. de bases no solo em função da calagem efeito no ano e residual nos anos 2 e 3.....	93
23	Teores de H + Al no solo em função da calagem, efeito da aplicação em 3 anos agrícolas.....	94

24	Teores de H + Al no solo em função da calagem, efeito no ano e residual nos anos 2 e 3.....	95
25	Variação da sat. bases do solo em função da calagem, efeito da aplicação em 3 anos agrícolas	96
26	Variação da sat. bases do solo em função da calagem, efeito ano ano e residual nos anos 2 e 3.....	97

CALAGEM EM CULTIVOS SUCESSIVOS DE CENOURA
(*Daucus carota* L) E ALFACE (*Lactuca sativa* L).

Autor: Paulo Espíndola Trani

Orientador: Prof. Dr. Keigo Minami

RESUMO

Neste trabalho foram determinadas as melhores doses de calcário para a produtividade e qualidade da cenoura (de inverno) e alface (de verão) cultivadas como culturas sucessivas em 3 anos agrícolas. Foi também avaliado o efeito residual da calagem nos 2º e 3º anos subsequentes em relação à aplicação do calcário no ano.

Os tratamentos utilizados foram: 0; 2; 4; 6 e 8t de calcário por ha, no ano 1 e 0; 4 e 8t de calcário por ha nos anos 2 e 3 subsequentes.

Os principais resultados obtidos foram:

a) verificou-se o efeito positivo da calagem sobre a produção e qualidade comercial da cenoura e da alface nos 3 anos agrícolas.

b) ocorreu efeito residual do calcário aplicado no ano 1 do experimento sobre as produções de cenoura e alface nos anos seguintes.

c) a calagem não influenciou a qualidade nutricional da cenoura.

d) os aumentos nas produções de cenoura e alface foram correspondentes aos acréscimos verificados nos valores de pH, Ca, Mg e porcentagem de saturação por bases do solo.

e) os valores de saturação por bases do solo correspondentes às maiores produções de cenoura e alface, nos 3 anos do experimento, situaram-se entre 69% e 81%; em solo Podzólico Vermelho Amarelo distrófico.

f) os teores de cálcio e magnésio na cenoura (folhas e raízes) e alface (folhas), acompanharam as doses de calcário aplicadas e os valores destes nutrientes no solo.

**LIMING IN CARROT (*Daucus carota* L.) AND
LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) CULTIVATED ON
CROP ROTATION SYSTEM**

Author: Paulo Espíndola Trani

Adviser: Prof. Dr. Keigo Minami

SUMMARY

This research was developed to determine the adequate amounts of lime, in a carrot and lettuce cultivated on crop rotation system, for 3 years. The residual effect of liming, at the second and third years, was also evaluated.

The treatments were: 0; 2; 4; 6 and 8 t/ha of lime, on the first year; 0, 4 and 8 t/ha of lime, on the second and third years successively.

The following results were observed:

a) The effects of lime on yield and quality of carrot and lettuce were evident on the 3 years.

b) The residual effect of liming, at the second and third years, was evident, too.

c) There was no liming effect on nutrition quality of carrot.

d) Yield increase on carrot and lettuce was directly correlated to pH, Ca, Mg and V% observed in soil analysis.

e) The maximum yields of carrot and lettuce during the 3 years were attained with soil base saturation between 69% and 81%, in a Ultisol soil.

f) The calcium and magnesium levels, on carrot and lettuce tissues, were directly correlated with liming doses and levels of these nutrients in the soil.

1. INTRODUÇÃO

A cenoura e a alface são hortaliças de expressivo consumo no Brasil, verificando-se um aumento na área cultivada, em anos recentes. HAMERSCHIMIDT (1993) estimou uma evolução de 17% para cenoura e de 77% para a alface na área plantada no Brasil, entre os anos de 1990 e 1992. CAMARGO *et al* (1993) relatam que o Estado de São Paulo participou, em 1990, com 47,4% e 45,6% da produção brasileira em cenoura e alface respectivamente. Segundo esses autores, no Estado de São Paulo, em 1990, foram cultivados 4.976 ha de cenoura produzindo-se 135.748 t (27,3 t/ha) e 1.836 ha de alface, com a produção de 27.758 t (15,1 t/ha).

Em anos recentes vem se acentuando, para as culturas em geral, a resposta à calagem, quanto ao aumento da produtividade e qualidade do produto colhido. A acidificação do solo devida a lixiviação de bases trocáveis e a ação da maioria dos fertilizantes minerais tem contribuído para isso.

Trabalhos desenvolvidos em outros países situam a cenoura e a alface dentre as espécies pouco tolerantes à acidez do solo, sendo também consideradas hortaliças exigentes em cálcio e magnésio para alcançar maior

produtividade e qualidade do produto colhido (LEES, 1982; LORENZ & MAYNARD, 1988; PLANCK 1989 e IFA, 1992).

O cultivo da cenoura no inverno e da alface no verão em sucessão no mesmo local é uma prática adotada em algumas regiões olerícolas do Estado de São Paulo (LISBÃO, 1989)¹. Frequentemente, a calagem é feita sem levar em consideração a análise química do solo, por anos seguidos e antes do cultivo de cada hortaliça.

O calcário, além de corretivo da acidez do solo, é considerado como uma das fontes de cálcio e magnésio para as plantas, mais eficiente e de menor custo.

FERREIRA & SANTOS (1992) observaram que a demanda do calcário tem sido pequena em relação à necessidade da correção do solo. Relataram ainda ocorrer uma produção de calcário em São Paulo e no Brasil, abaixo da capacidade industrial instalada. Mais recentemente, levantamento realizado pelo Instituto de Economia Agrícola (SÃO PAULO, 1994) demonstrou um crescimento do consumo de calcário, em 1993, 55% superior à 1991, estimando-se ainda um acréscimo para 1994 de 10% sobre o valor total comercializado em 1993.

Ao contrário das grandes culturas como a soja, milho, algodão, café e citros, praticamente inexitem as pesquisas com calagem em hortaliças no Estado de São Paulo.

¹LISBÃO, R.S. (Instituto Agrônômico, Campinas, SP) Comunicação Pessoal, 1989.

Este trabalho tem os seguintes objetivos:

- Avaliar o efeito de diferentes doses de calcário na produtividade e qualidade da cenoura (de inverno) e de alface (de verão) cultivadas como culturas sucessivas em 3 anos agrícolas.
- Avaliar o efeito residual da calagem no 2º e 3º anos subsequentes em relação à aplicação do calcário no ano.
- Estimar os valores de pH, níveis de cálcio, magnésio e saturação por bases mais adequadas para essas hortaliças, no solo estudado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações gerais sobre os critérios de calagem utilizados no Estado de São Paulo.

Segundo RAIJ *et al* (1983), o critério de cálculo da calagem baseado no teor de alumínio trocável do solo, foi utilizado no período de 1967 até 1983, em São Paulo e outros Estados do País, com exceção da região Sul onde se preconizava um critério de calagem para elevação do pH a 6,0. Esse autor, considerando pesquisas realizadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas, com soja, milho e algodão, observou que as produções dessas culturas continuavam a aumentar, mesmo com níveis de calagem superiores à aquelas indicadas para neutralizar o alumínio do solo.

Outro critério para cálculo de calagem, também usado na década de 70, em São Paulo e alguns Estados vizinhos, baseava-se na soma dos teores de cálcio e magnésio trocáveis e tipo de solo (arenoso ou argiloso), não se considerando outros fatores como pH, teor de alumínio trocável, saturação por bases do solo, características das culturas, limitando sua aplicação.

CATANI & GALLO (1955) estabeleceram um critério de calagem para pH 6,5 (determinado em água) com base na correlação entre a porcentagem de saturação por bases e os teores de H+Al do solo (extraído com uma solução de acetato de cálcio).

RAIJ *et al* (1983) consideraram na ocasião, que era preferível utilizar-se da saturação por bases em vez do pH, pois, as determinações deste índice de acidez em água estão sujeitas à pequenas quantidades de sais existentes nos solos, ocasionando resultados por vezes bastante variáveis.

CASTRO *et al* (1972) e QUAGGIO (1983 a) obtiveram melhores correlações entre o valor de saturação por bases (V %) e o pH do solo, determinado em solução 0,01M de CaCl_2 , quando comparado com o pH do solo determinado em água.

QUAGGIO (1983 a) verificou que a determinação do H + Al através da leitura do pH de equilíbrio da solução tampão SMP² com o solo, foi mais prático e rápido que a extração com solução normal de acetato de cálcio a pH 7,0, possuindo melhor reprodutibilidade. Observou ainda que o método de cálculo da calagem, baseado no critério do alumínio trocável e cálcio mais magnésio, resultava em pouco calcário, atingindo somente 40% de saturação por bases do solo.

²Iniciais de SHOEMAKER (S), McLEAN (M) e PRATT (P), autores de metodologia para cálculo de calagem baseada no decréscimo do pH de soluções tampão.

Em outro trabalho, QUAGGIO (1983 b) considerou que o método tampão SMP como critério de calagem, adotado no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, apesar de preciso e com bons fundamentos teóricos, não permitia distinguir as culturas agrícolas. Observou esse autor que o critério do cálculo da saturação por bases do solo nesse aspecto era mais flexível. A equação para cálculo da calagem citada por QUAGGIO (1983 b) é:

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) T}{100} \times f \text{ onde,}$$

NC= necessidade de calcário em t/ha

V_2 = % de saturação por bases desejada, conforme a cultura.

V_1 = % de saturação por bases original, conforme a análise do solo.

T = capacidade de troca de cátions calculada (em meq/100cc de solo) conforme análise de solo.

$f = \frac{100}{PRNT}$, onde o PRNT é o poder relativo de neutralização total de calcário.

Esse critério, desde aquela ocasião, passou a ser adotado para cálculo de calagem por praticamente todas as instituições oficiais de pesquisa, faculdades de Agronomia e laboratórios de análise de solo de São Paulo e alguns Estados vizinhos.

2.2. Efeito residual da calagem nas culturas

A duração do efeito da calagem na correção de acidez do solo e no aumento da produção das culturas é denominada efeito residual.

CAMARGO (1960) verificou em 4 cultivos sucessivos de cenoura, a superioridade de 5 t de calcário/ha, em relação à 2,5 t/ha, na soma das 4 produções, embora inicialmente a dose menor de calcário proporcionasse produção de cenoura semelhante à dose maior. Essa constatação revelou que a maior dose de calcário teve efeito residual mais prolongado, em um Latossolo Vermelho Amarelo, textura média.

CAMARGO et al (1982) observaram a ocorrência da ação residual da calagem (0; 3; 6 e 9 t de calcário/ha) nas produções de milho, cultivado por 5 anos consecutivos, não ocorrendo o mesmo para soja e algodão, cultivados nos 2 anos seguintes. Esses autores relataram as modificações nas características químicas do solo naquele período.

Os trabalhos sobre o efeito residual da calagem permitem inclusive estimar a economicidade da frequência de aplicação (anual ou por maiores prazos), já que o custo principal do calcário está no transporte do mesmo.

Segundo ALCARDE (1992), a ação de um corretivo depende fundamentalmente do poder de neutralização (PN) e da reatividade (RE).

O poder de neutralização indica a capacidade teórica ou potencial do corretivo em neutralizar a acidez dos solos. O PN depende do teor de neutralizantes presentes e da natureza química do neutralizante.

A reatividade (RE) de um corretivo é a velocidade de sua reação no solo, ou seja, a rapidez com que é corrigida a acidez. A reatividade depende da granulometria, da natureza química do corretivo e das condições de solo e clima no local da calagem.

O poder relativo de neutralização total (PRNT) é dado pela equação: $PRNT = PN \cdot \frac{RE}{100}$

$$100$$

A legislação brasileira atual exige a garantia do PN e do PRNT dos corretivos de acidez do solo.

Um bom corretivo da acidez do solo deve ser aquele que possua uma ação rápida e um efeito residual prolongado.

Algumas pesquisas tem demonstrado que quanto maior grau de finura tiver um corretivo, mais rápida é sua ação, podendo, porém, ter menor durabilidade no solo e no aumento da produtividade. Tem-se, portanto, procurado encontrar uma granulometria adequada e equilibrada nesses dois aspectos. NATALE & COUTINHO (1994) estudaram o efeito das frações granulométricas de um calcário dolomítico nas doses de 3 e 6t/ha aos 4; 9; 18 e 30 meses após sua aplicação, nas propriedades químicas do solo e sobre 3

produções de soja no período. Concluíram que a saturação por bases do solo mostrou-se adequada para avaliar a eficiência das frações do calcário aplicado. A fração de calcário com diâmetro entre 2 e 4mm foi ineficiente para alterar a saturação por bases, durante 30 meses. As frações intermediárias (2,0 a 0,6mm e 0,6 a 0,3mm) melhoraram seu desempenho no decorrer desse período (30 meses), tendo praticamente o mesmo efeito da fração mais fina (< 0,3mm), nas produções de soja nos 3 anos agrícolas. Os autores observaram que a fração mais fina do calcário provocou a maior elevação do pH, cálcio e saturação por bases do solo, aos 4, 9 e 18 meses após a calagem.

Outros fatores influenciam na velocidade da ação e efeito residual do calcário, podendo-se citar o tipo de solo, a quantidade e tipos de fertilizantes utilizados e a quantidade de chuvas ou irrigação no período considerado.

2.3. Efeito da calagem na nutrição mineral, na produtividade e na qualidade da cenoura.

2.3.1. Faixa adequada de pH do solo

THOMPSON & KELLY (1957) relataram que as produções máximas de cenoura ocorreram em solos com pH em torno de 6,5, sendo que naqueles com pH inferior a 5,2, as produções foram muito baixas. Segundo CAROLUS (1975), a cenoura apresentou ganhos de produtividade de 25% em locais

com calagem efetuada para pH 6,5, em relação a locais com calagem efetuada para pH 5,4. HEMPHILL & JACKSON (1982) obtiveram melhores produtividades com aplicações de calcário que alcançaram pH de 5,6 e 6,4, em 3 anos agrícolas

LEES (1982) considera que valores de pH 6,5 em solos "minerais" são os mais adequados para esta hortaliça. LORENZ & MAYNARD (1988) classificam a cenoura como hortaliça moderadamente tolerante à acidez do solo, produzindo bem na faixa de pH entre 5,5 e 6,8.

No Brasil, CAMARGO (1960) obteve acréscimos de 29% e 42% nas produções de cenoura em solos, cuja calagem atingiu pH 5,8 e pH 6,5, respectivamente em relação ao pH 5,0, original de um Latossolo Vermelho Amarelo.

Os índices de pH acima citados foram determinados em solução solo:água.

2.3.2. Efeito do cálcio e magnésio

As quantidades de cálcio e magnésio extraídos pela cenoura (raízes + parte aérea) variam bastante, conforme diferentes trabalhos citados na literatura: 57 a 199 kg/ha de Ca e 9 a 50 kg/ha de Mg. Isso deve ser atribuído às diferenças entre tipos de solo, diferentes produtividades, cultivares, clima, além de outros fatores como densidade populacional, tratamentos culturais, irrigação, etc.

A absorção de nutrientes pela cenoura foi estudada em ensaio de vasos com solo hidromórfico por AVELAR *et al* (1973) e, em condições de campo (Terra Roxa Estruturada), por FERNANDES *et al* (1981). Nesses 2 trabalhos, verificou-se que o desenvolvimento da cenoura e absorção de nutrientes é diminuto ou lento até 32-55 dias após a germinação, acentuando-se após esse período. A absorção de cálcio e magnésio é crescente até o final do ciclo da planta.

Os teores adequados de cálcio nas folhas estão entre 1,0 e 2,5%; sendo os níveis deficientes entre 0,77% e 0,99% da matéria seca. Os teores adequados de magnésio nas folhas situam-se entre 0,24% e 0,60% estando os níveis deficientes entre 0,05 e 0,15% da matéria seca, conforme HAAG & HOMA (1981), PIGGOTT (1988), JONES JR. *et al* (1991) e IFA (1992). Nas raízes, HAAG & HOMA (1981) encontraram 0,45% de Ca em plantas sadias e 0,37% de Ca em plantas deficientes, contrastando com PIGGOTT (1988) que considerou adequados níveis de cálcio entre 0,30 e 0,35% da matéria seca. Esses autores são concordantes quanto aos níveis de magnésio nas raízes, sendo adequados na faixa de 0,12% e 0,15% e deficientes, a 0,07% da matéria seca.

O cálcio também influencia a qualidade comercial da cenoura. MAYNARD *et al* (1963) observaram que a ocorrência de cavidades nas raízes da cenoura ("cavity spot") foi induzida por deficiência de cálcio. TIBBITS *et al* (1983) observaram diferentes graus de tolerância dos cultivares de

cenoura à deficiência de cálcio. O cultivar mais tolerante foi Scarlet Nantes, seguido de Carousel, Danvers e Corel Chantenay. Os sintomas apareceram a partir da formação da 4ª folha, com áreas necróticas escuras nas margens e "ponteiros" de folhas jovens, apresentando-se esse sintoma com maior intensidade entre a 5ª e 7ª folhas, e com menor frequência até a 9ª folha, antes do início da diferenciação secundária (engrossamento) da raiz.

Com relação ao magnésio, HAAG & HOMA (1981) relatam que os primeiros sintomas de deficiência iniciam-se nos folíolos das folhas mais velhas, progredindo em direção ao limbo.

Relativamente à qualidade nutricional da cenoura, SOUTHARDS & MILLER (1962) concluíram que o magnésio em altas doses, proporcionou um aumento nos níveis de betacaroteno e açúcares totais em raízes da cenoura, 'Royal Chantenay', desenvolvida em sílica (quartzo), com solução nutritiva. Resultados semelhantes foram alcançados por MICHALIK (1985) em ensaio de campo, tendo se utilizado o sulfato de magnésio como fonte desse nutriente para a cenoura.

2.3.3. Efeito dos micronutrientes

Diversos autores tem ressaltado a importância dos micronutrientes, para o aumento da produção da cenoura. SHOEMAKER (1953) já apontava ocorrências ocasionais de

deficiências de boro, cobre, manganês e zinco, em hortas comerciais de alta produtividade, onde foram utilizados cultivares exigentes.

LORENZ & MAYNARD (1988) classificam a cenoura como uma hortaliça que apresenta resposta média à boro, cobre, manganês e baixa resposta à molibdênio e zinco.

Dentre os micronutrientes, o boro é citado por SHORROCKS (1984) e STOYANOV (1985) como o mais limitante para a cenoura.

Verificaram-se decréscimos nos teores de Mn e Zn em folhas de cenoura, quando o pH do solo aumentou de 5,1 a 5,7, ocorrendo, porém, aumento de produtividade nessa faixa de pH. Provavelmente não se atingiu os teores críticos desses 2 micronutrientes nesse caso (HEMPHILL *et al*, 1982).

PIGGOTT (1988), citando diversos trabalhos, considera os seguintes teores de micronutrientes adequados em folhas de cenoura: B:20 a 40; Cu 5 a 7; Fe 120 a 350, Mn: 40 a 100 e Zn 20 a 50 ($\mu\text{g/g}$ na matéria seca). JONES JR. (1991) relata os seguintes teores adequados: B: 30 a 75; Cu: 5 a 15; Fe: 50 a 300; Mn: 50 a 200; Mo: 0,5 a 1,4 e Zn: 20 a 250 ($\mu\text{g/g}$ da matéria seca).

2.3.4. Efeito da adubação orgânica

A maioria das recomendações de adubação para cenoura inclui a adição de fertilizantes orgânicos.

CAMARGO (1961) indica para a cenoura, a aplicação de 20 t de esterco de curral curtido/ha, ou 4 a 5 t de esterco de galinha/ha, ou ainda, 2 t de torta de mamona ou torta de algodão/ha. CAMARGO (1984) recomenda a utilização de 60, 50 e 40 t de esterco de curral/ha para solos com teores de matéria orgânica até 1,2%; de 1,3% a 2,4% ou maiores que 2,4%, respectivamente. Observou ainda que o esterco de galinha previamente fermentado pode ser utilizado na quarta parte da quantidade do esterco de curral.

LASKE (1962) relata, conforme levantamento feito em diversos países, principalmente da Europa, recomendações entre 13,5 e 27 t de esterco bovino ou composto orgânico/ha.

O excesso de nitrogênio liberado por adubos orgânicos entre outras fontes de nitrogênio, durante o desenvolvimento da cenoura, causou problemas de ramificações nas raízes, conforme observado por RALEIGH (1942).

HAWORTH et al (1966) não observaram esse problema quando aplicaram 50 t de esterco de curral curtido/ha para cultivos sucessivos de cenoura, em solos com baixo teor de matéria orgânica, verificando ainda ganhos de produtividade.

2.4. Efeito da calagem na nutrição mineral, na produtividade e na qualidade da alface

2.4.1. Faixa adequada de pH no solo

A alface está classificada no grupo das hortaliças pouco tolerantes à acidez do solo, desenvolvendo-se melhor na faixa de pH entre 6,0 e 6,8 (LORENZ & MAYNARD, 1988). Ao contrário desses autores, PLANCK (1989) não distingue a alface como menos tolerante à acidez do solo em relação à cenoura.

PATERSON (1979) observou produção de 6,2 t de alface por ha, em solos com pH de 4,8 a 5,7 e produção de 23,7 t/ha em solos corrigidos para pH de 6,1 a 6,5. Resultados semelhantes foram encontrados por HEMPHILL et al (1982) e LAUGHLIN et al (1987).

ADAMS & WINSOR (1984) constataram maiores produções de alface em solo orgânico que recebeu 4kg de calcário por m³ de solo, atingindo pH 6,0 em relação às produções de alface no mesmo solo que recebeu 10 kg de calcário por m³ atingindo pH 7,2. LEES (1982) relata produções semelhantes de alface em solos minerais com pH 6,5 e solos orgânicos com pH 5,8. Esse autor explica que a correção de acidez de um solo de turfa (orgânico) para pH 6,5 deverá acarretar problemas com a deficiência de alguns micronutrientes. IFA (1992) observa que a alface desenvolveu-

se bem em solos orgânicos bem drenados ou em solos minerais de pH entre 6,0 e 6,5 não distinguindo portanto melhores faixas de pH conforme o tipo de solo.

NICOULAUD et al (1990) não observaram aumento na produtividade da alface quando foi feita calagem alterando o pH do solo de 5,4 para 6,2; justificando haver níveis adequados de Ca (2,3 meq/100 g de solo), Mg (1,4 meq/100 g solo) e baixo teor de alumínio trocável (0,02 meq/100g solo), no solo antes da calagem.

2.4.2. Efeito do cálcio e magnésio

As quantidades de cálcio e magnésio extraídas pela alface, relatadas por diversos autores, não apresentam tanta variação conforme citado para a cenoura. KATAYAMA (1990), citando trabalhos realizados com os cultivares Brasil 48, Clause's Aurélia e Vitória de Santo Antão, relata extrações de 13 a 19 kg de cálcio por ha e 3 a 5 kg de magnésio por ha. IFA (1992) cita a extração de 14,3 kg de cálcio por ha e 4,8 kg de magnésio por ha pela alface de verão produzindo 18 t/ha e uma extração de 21,4 a 32,1 kg de cálcio por ha e 3,6 a 7,2 kg de magnésio por ha para alface de inverno, produzindo 30 t/ha. Esta Instituição (IFA) relata ainda que a alface apresenta pequena demanda por nutrientes, quando comparada à outras hortaliças.

FERNANDES *et al* (1971) com a alface 'Vitória de Santo Antão' e GARCIA *et al* (1982), com 'Brasil 48' e 'Clauses Aurélia', constataram que o crescimento das plantas é lento até cerca de 2/3 do ciclo, acentuando-se a seguir. Esses autores verificaram que a absorção de nutrientes acompanhou o crescimento da alface. Os teores de cálcio nas folhas cresceram a partir dos 30 dias, estabilizando-se até a colheita, enquanto os teores de magnésio mantiveram-se constantes do início ao final do ciclo, citando-se nesses 2 trabalhos, teores semelhantes de cálcio (1,3% a 1,5%) e magnésio (0,3% a 0,4%) na matéria seca.

IFA (1992) relata que 70% dos principais nutrientes são absorvidos pela alface durante as 3 ou 4 semanas que antecedem a colheita. SANCHES CONDE (1984), pesquisando alface em solução nutritiva por 13 semanas, observou maior intensidade de crescimento (acúmulo de peso fresco e seco) até a 9ª semana, a partir da qual ocorreram menores aumentos de peso. Observa que o cálcio e o magnésio mantem-se constantes nas folhas (1,3% de Ca e 0,44% de Mg na m.s.) praticamente durante todo o ciclo da cultura, ao contrário do N e K, cujas concentrações decresceram entre a 9ª e 13ª semanas.

As concentrações de cálcio em alface variam conforme a parte amostrada, além do cultivar. GARCIA *et al* (1982) relataram teores adequados de 0,97% e 1,94% em folhas jovens e folhas velhas respectivamente, para a alface 'Brasil

48', enquanto que para o cultivar 'Clause's Aurélia' esses teores foram 1,94% e 2,59% (da matéria seca) respectivamente.

Essa amplitude nos níveis de cálcio é também relatada em outros países onde se encontram teores de 0,75% até 3,0% (na m. seca) como adequados na alface (PIGGOTT, 1988; JONES Jr., 1991; IFA, 1992), citando-se diferentes cultivares e partes da planta amostradas.

Os teores adequados de magnésio na parte aérea da alface situam-se entre 0,32% e 0,80% e os teores deficientes de 0,04% a 0,26% da matéria seca, conforme cultivar e parte da planta amostrada (GARCIA *et al*, 1982; SCAIFE & TURNER, 1983; PIGGOTT, 1988; JONES Jr.*et al*, 1991; IFA, 1992).

A deficiência de cálcio afeta tanto a produtividade quanto a qualidade comercial da alface.

Diversos autores tem relacionado a carência de cálcio ao "tipburn", que consiste no crestamento e necrose das margens e ponteiros das folhas jovens. ASHCAR & RIES (1971) associaram o "tipburn" à deficiência de cálcio, agravada por altos teores de nitrato e aminoácidos livres nas folhas de alface.

THIBODEAU & MINOTTI (1969) consideram que a deficiência é mais frequente na fase final de desenvolvimento da alface, conseguindo preveni-la com pulverizações de nitrato de cálcio 0,04 M, em plantas jovens com 10 folhas formadas até a fase de colheita. Consideraram, porém, difícil a correção no campo dessa anomalia, devido à imobilidade do

cálcio via foliar e a inacessibilidade das pulverizações às folhas jovens mais susceptíveis ao "tipburn".

SONNEVELD & MOOK (1983) confirmaram trabalhos anteriores que relacionam a deficiência de cálcio ao surgimento do "tipburn", observando ainda que concentrações excessivas de magnésio nas folhas tendem a agravar esse problema. Não conseguiram correlacionar os efeitos de sódio e potássio diretamente à essa anomalia. Esses autores não verificaram diferenças entre as diferentes partes das folhas observadas (bordas ou área central de folhas externas ou internas), considerando ter ocorrido uma distribuição sistemática dos cátions, em toda a planta.

COOLIER & HUNTINGTON (1983), no entanto, verificaram a ocorrência de "tipburn" apenas nas folhas internas, inclusive nas partes onde ocorreu maior velocidade de crescimento. A concentração de cálcio nas folhas externas foram mais altas que as folhas internas. CRESSWELL (1991) observa que "tipburn" causa sérias perdas em cultivares comerciais de alface de verão na Austrália. Plantas com essa anomalia são susceptíveis às infecções secundárias por fungos e bactérias. Relata ainda, que fatores como baixa umidade do solo, alta salinidade e sistema radicular pobre que dificultam a pressão radicular de absorção de cálcio e outros nutrientes, contribuem para a ocorrência de "tipburn". Esse autor observou que a irrigação durante a noite com solução de nitrato de cálcio (100 mg Ca/litro), foi efetiva para

minimizar a incidência de "tipburn" em cultivares hidropônicos comerciais de alface 'Gloria'. Nessa dose as concentrações de cálcio foram 0,38% em folhas jovens e 0,90% a 1,10%, em folhas recém maduras.

Vale observar que os sintomas de crestamento e necrose de bordas e ponteiros de folhas jovens de alface podem estar associados à deficiência de boro (YANAGI & *et al*, 1983 e SHORROCKS, 1984). Nesse caso, ocorre também um menor desenvolvimento da cabeça, raízes enoveladas, pequenas e escuras (SHORROCKS, 1984).

KE & SALTVEIT JR. (1986) associaram a ocorrência de "russet spotting" à deficiência de cálcio. Essa anomalia é caracterizada pela ocorrência de manchas ovais de cor marrom, pequenas (1mm de largura por 2 a 4 mm de comprimento) na faixa mediana da nervura, nas cabeças maduras de alface. Esses autores conseguiram controlar essa anomalia com aplicações de 0,3 a 0,5 M de nitrato de cálcio em alface 'Iceberg'. Observaram ainda que o nitrato de cálcio e cloreto de cálcio, nas concentrações de 0,1 a 0,3 M, foram igualmente efetivos, porém, cloreto de cálcio em concentrações acima de 0,4 M causaram danos às plantas. KE & SALVEIT JR. (1986) verificaram ainda que a ocorrência de "russet spotting" está também relacionada à temperatura ambiente, concentração de etileno, oxigênio e gás carbônico na planta, estágio de maturidade e cultivar utilizado.

Com relação ao magnésio, LORENZ & MAYNARD (1988) observaram que a alface é uma hortaliça tolerante à deficiência desse nutriente no solo. No entanto, PLANK (1989) recomenda em solos com baixo teor de magnésio, a aplicação de 25 kg de Mg/ha. GARCIA *et al* (1982) constataram que plantas de alface submetidas a tratamento com omissão de magnésio foram as mais tardias a apresentar sintomas de deficiência, em relação a outros macronutrientes. O sintoma característico é a clorose internerval que se inicia nas folhas mais velhas das plantas. SCAIFE & TURNER (1983) ressaltam que sintomas semelhantes à deficiência de magnésio podem ser confundidos com aqueles devidos à infecção por vírus.

2.4.3. Efeito dos micronutrientes

LORENZ & MAYNARD (1988) classificam a alface como hortaliça que apresenta média resposta a boro e alta a cobre, manganês e molibdênio, não se referindo ao zinco e ferro. A resposta a cobre acontece principalmente em solos com alto teor de matéria orgânica (solos orgânicos e turfosos), onde esse microelemento permanece em forma pouco disponível às raízes das plantas. ROSTON (1969) observou produção de alface 25% superior à testemunha quando foram aplicados 200kg de sulfato de cobre por ha, em um solo turfoso da região da Grande São Paulo.

ADAMS *et al* (1986) observaram que a omissão de micronutrientes causou reduções variáveis na produção de alface de inverno, conforme diferentes valores de pH (5,1; 5,6; 6,5 e 7,2) de solo orgânico submetido à aplicações de calcário.

PLANK (1989) recomenda a aplicação de 1 kg de boro por ha, para todos os cultivos de alface, e, em solos deficientes em zinco, a aplicação de 5 kg de Zn por ha.

SCAIFE & TURNER (1983) relataram que pode ocorrer resposta à aplicação de zinco mesmo em locais onde não aparecem sintomas visíveis nas plantas de alface. Quanto ao boro, esses autores ressaltam que sua carência pode ser confundida com sintomas de deficiência de cálcio nas folhas jovens.

A deficiência de manganês pode se manifestar em solos com pH próximos à neutralidade (pH 7,0), devida à menor disponibilidade desse micronutriente. SCAIFE & TURNER (1983) relatam ainda a toxidez por manganês em alface cultivado em solos ácidos com pH 5,0.

SANCHEZ *et al* (1991) consideraram para diversos tipos de solos (arenosos, argilosos e orgânicos) e em 20 anos de experimentos na Flórida (EUA) os seguintes teores adequados para alface: B: 20 a 60; Cu: 5 a 10; Fe: 80 a 200; Mn: 25 a 130 e Zn: 30 a 60 ($\mu\text{g/g}$ da matéria seca).

AMARAL *et al* (1994), trabalhando com 2 Latossolos (arenoso e argiloso), 2 níveis de calagem e 4 corretivos de acidez, verificaram o acúmulo de zinco, ferro, manganês e cádmio na parte aérea da alface, em diferentes quantidades conforme a natureza do corretivo de acidez utilizado. Esse trabalho e alguns outros consideram a potencialidade de corretivos de acidez serem fontes de micronutrientes para as culturas. No entanto, outros trabalhos tem demonstrado que a elevação do pH do solo à certos níveis, frequentemente tem levado à indisponibilidade da maioria dos micronutrientes para as plantas.

2.4.4. Efeito da adubação orgânica

Diferentes tipos de fertilizantes orgânicos tem sido pesquisados para a cultura da alface. ALVES & ARRUDA (1960) observaram que 120 t de composto orgânico de lixo por ha, corresponderam à 80 t de esterco de curral curtido por ha, para as produções de alface, sendo superiores em 100% à testemunha. O teor de 4% de CaO e pH 7,5 do composto orgânico de lixo, revelados pela análise, podem ser os parâmetros responsáveis pela maior produtividade da alface. O esterco bovino destacou-se pelo maior teor de K₂O (3,7%) e N (1,6%) em relação ao composto de lixo orgânico.

NICOULAUD *et al* (1990) verificaram que o esterco de galinha proporcionou maiores rendimentos de matéria seca e absorção de nutrientes pela alface 'Aurélia'. As produções mais elevadas de alface foram obtidas com 24 a 36 t de esterco de galinha por ha ou com 12 t de esterco de galinha por ha, suplementada com fertilizantes minerais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. Local

A área utilizada neste experimento está localizada na Estação Experimental de Monte Alegre do Sul (SP), do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, à 22° 41' de latitude sul e 48° 26' de longitude oeste com uma altitude de 777m.

3.1.2. Clima

O clima, segundo classificação de KÖPPEN enquadra-se no subgrupo Cfa, na faixa de clima mesotérmico úmido, sem estiagem, considerando-se os valores médios de temperatura do ar e precipitação pluvial.

Os dados relativos aos parâmetros climáticos medidos durante a realização do experimento encontram-se na tabela 1.

TABELA 1. Médias de temperatura (máxima, mínima e média) e totais de chuva nos períodos do experimento, medidas no posto meteorológico da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul.^{a/}

cultivo/período	Temperatura		média (°C)	Chuva (mm)
	máxima (°C)	mínima (°C)		
cenoura (29/04/89 à 14/08/89)	23,6	10,3	16,9	154,6
alface (24/10/89 à 04/01/90)	27,8	16,7	22,2	615,5
cenoura (26/04/90 à 08/08/90)	23,5	11,0	17,2	179,7
alface (07/02/91 à 02/04/91)	27,3	18,0	22,6	476,2
cenoura (04/06/91 à 09/09/91)	24,1	11,6	17,9	18,3
alface (27/02/92 à 28/04/92)	27,0	16,9	22,0	276,8

^{a/} Dados obtidos junto à Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico de Campinas (SP)

3.1.3. Solo

O solo da área experimental, de acordo com ROTTA et al (1971) foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo distrófico, unidade Monte Alegre, com 12% a 15% de declividade. Os resultados da análise química e granulométrica do solo, no local do ensaio encontram-se nas tabelas 2 e 3 , respectivamente.

TABELA 2. Análise química do solo (0 a 20cm de profundidade) no local do experimento ^a/

M.O. %	pH (CaCl 0,01M ²)	P ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	K	Ca	Mg	H+Al	S	T	V	Cu	Fe	Mn	Zn
				meq/100 cm ³ de solo					(%)		$\mu\text{g}/\text{cm}^3$		
1,8	4,3	7	0,10	1,2	0,3	3,8	1,6	5,4	30	0,6	24,6	5,17	1,1

^a/Análise de macronutrientes realizadas pelo Laboratório da Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas e a análise de micronutrientes (utilizando o extrator DTPA), realizada pelo laboratório do Dept^a de Química-Nutrição de Plantas da ESALQ (Piracicaba)

TABELA 3. Análise granulométrica do solo (0-20cm de profundidade) do local do experimento. ^a/

Areia grossa	Areia fina %	Silte	Argila
20	16	32	32

^a/Análise realizada pelo laboratório de análises da Seção de Pedologia do Instituto Agronômico de Campinas

3.1.4. Cultivares

A cenoura para época de outono-inverno foi a cultivar Nantes, que possui raiz cilíndrica e cor alaranjada, bem adaptada às condições de clima e solo da região de Monte Alegre do Sul, sendo também cultivada comercialmente em outras regiões do Estado de São Paulo.

A alface para época de verão foi o cultivar Brasil 221, que possui cabeça tipo repolhuda, com folhas lisas. Essa alface é bem adaptada para a região de Monte Alegre do Sul, sendo comercialmente cultivada em algumas regiões do Estado de São Paulo.

3.1.5. Corretivo de acidez do solo

Utilizou-se do calcário marca Agrocal, produzido em Piracicaba (SP) com as seguintes características: material finamente moído com 30% de CaO e 18% de MgO (dolomítico), apresentando 98% de poder de neutralização (PN) e 96% de poder relativo de neutralização total (PRNT). Esse calcário, denominado "filler", apresenta como garantia a passagem de 100% do material moído em peneira 10; 100% em peneira 20 e 95% em peneira 50. Esse tipo de corretivo de acidez é um dos mais utilizados no Estado de São Paulo, em regiões com plantio de hortaliças, propiciando correção do pH do solo cerca de 30 dias após sua incorporação e com o solo úmido.

3.1.6. Fertilizantes

O esterco de galinha utilizado para adubação orgânica apresentou a seguinte composição: N: 0,98%; P_2O_5 : 3,03; K_2O : 0,46; Ca: 3,54; Mg: 0,36; S: 0,14 (em % da matéria seca); umidade (a 65°C): 40%; pH: 8,6 e relação C/N: 10/1. As

análises foram realizadas na CATI de Campinas, conforme metodologia descrita em BRASIL, 1983. Os micronutrientes foram B: 63, Cu: 111; Fe: 7029, Mn: 539; Zn: 339 (em $\mu\text{g/g}$ da matéria seca) (análises realizadas no laboratório de Química e Nutrição de Plantas da ESALQ em Piracicaba).

O fertilizante mineral utilizado para adubação da cenoura e alface foi a fórmula 2-20-12, com a seguinte composição (em 1000 kg de fórmula): 100 kg de sulfato de amônio, 350 kg de superfosfato simples; 350 kg de superfosfato triplo e 200 kg de cloreto de potássio. Essa fórmula contém 55 kg de enxofre (S).

No tratamento em que não se aplicou o cálcio na forma mineral, foi utilizada a fórmula 5-25-15, com a seguinte composição (em 1000 kg de fórmula): 500 kg de monoamônio fosfato (MAP); 300 kg de sulfato de potássio e 200 kg de areia com enchimento. Essa fórmula contém 51 kg de enxofre (S).

Os fertilizantes contendo micronutrientes foram: sulfato de zinco (21% Zn); borax (11% B); sulfato de cobre (35% Cu) e sulfato de manganês (25% Mn).

O fertilizante utilizado em cobertura para cenoura e alface foi o sulfato de amônio, contendo 20% de nitrogênio e 24% de enxofre.

3.1.7. Outros materiais utilizados

A irrigação foi realizada sob o sistema de aspersão com canos de PVC de 3 polegadas e aspersores de latão cuja disposição no terreno proporcionou 90% de uniformidade de molhamento para as parcelas (canteiros com as hortaliças). A água de irrigação foi monitorada com o uso de tensiômetros.

A cobertura morta utilizada sobre os canteiros foi a acícula de pinus. A área entre as parcelas foi coberta com capim, visando-se evitar o escoamento da água de chuva ou irrigação.

3.2. Métodos

3.2.1. Delineamento experimental

O experimento foi instalado com base no delineamento proposto por GOMES & CONAGIN (1987), tendo 9 tratamentos, com 5 repetições, dispostos em blocos ao acaso.

Os 9 tratamentos consistiram na aplicação de 5 doses de calcário no 1º ano, 2 doses no 2º ano e 2 doses no 3º ano, aos 30 dias antes da semeadura da cenoura (de inverno), verificando-se também o efeito da calagem na alface de verão.

O esquema a seguir ilustra o sistema experimental:

- . 1º ano: 0; 2; 4; 6; 8; 0; 0; 0; 0 t de calcário/ha
- . 2º ano: 0; 0; 0; 0; 0; 4; 8; 0; 0 t de calcário/ha
- . 3º ano: 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 4; 8 t de calcário/ha

Esse delineamento possibilita estudar as curvas de resposta do ano e do efeito residual. No 2º ano é possível comparar a curva de resposta do ano e do efeito residual do 1º ano e no 3º ano o efeito residual do 2º ano comparando-o com o efeito residual do 1º ano e da aplicação do calcário no ano para as doses 4 e 8 t de calcário por ha.

Foram instalados 2 tratamentos extras com 5 repetições.

O primeiro tratamento extra constitui na ausência de calagem e de Ca, substituindo o superfosfato simples (que contém 20% Ca) pelo monoamônio fosfato, possibilitando separar o efeito do calcário como corretivo do pH do solo do efeito fornecedor de cálcio às plantas.

O segundo tratamento extra consistiu na ausência dos micronutrientes boro, cobre, manganês e zinco com a dose fixa de 4 t de calcário por ha. Em todos os demais tratamentos foram aplicados tais micronutrientes. Procurou-se com isso avaliar a importância destes na produções de cenoura e alface, nesse tipo de solo.

Em todos tratamentos foram aplicados nos 3 anos agrícolas antes do cultivo da cenoura, 10 t de esterco de galinha/ha. Procurou-se com isso melhorar as condições físicas do solo, refletindo inclusive a maioria dos

plantadores de cenoura e alface do Estado de São Paulo que utilizam adubos orgânicos além dos minerais.

3.2.2. Condução do experimento com cenoura

As parcelas foram constituídas por canteiros de 3m de comprimento por 1m de largura, equidistantes de 50 cm.

O calcário foi aplicado 30 dias antes da semeadura da cenoura, incorporado até 20 cm de profundidade com o enxadão, irrigando-se a seguir.

A cenoura Nantes de semente nua, com 85% de germinação, foi semeada na densidade de 1g por metro linear, no espaçamento de 20cm entrelinhas, deixando-se, após 2 desbastes, 6 cm entre plantas. De um total de 250 plantas, foram colhidas 144 plantas úteis das 3 linhas centrais do canteiro correspondendo à área útil de 1,728m² (0,6 x 2,88m).

A adubação orgânica foi de 1 kg de esterco de galinha/m², sendo que esse fertilizante previamente curtido, foi incorporado até 20 cm de profundidade com o enxadão, 30 dias antes da semeadura da cenoura.

A adubação mineral consistiu na aplicação de 250 g/m² da fórmula 2-20-12 (correspondendo à 50; 500 e 300 kg/ha de N; P₂O₅ e K₂O, respectivamente) aos 15 dias antes da semeadura. O tratamento extra "sem Ca e Mg" recebeu aplicação de 200 g/m² da fórmula 5-25-15 no mesmo período (correspondendo à 100; 500 e 300 kg/ha de N; P₂O₅ e K₂O,

respectivamente).

Os micronutrientes foram aplicados em todas as parcelas (com exceção do tratamento extra "sem micro") nas seguintes doses: 10 kg/ha de sulfato de zinco; 15 kg/ha de borax; 5 kg/ha de sulfato de cobre e 5 kg/ha de sulfato de manganês, misturados com areia fina e distribuído linha por linha das parcelas, 15 dias antes da semeadura.

Aos 20 e 40 dias após a germinação da cenoura foram aplicados 25 g/m² de sulfato de amônio, correspondendo à um total de 100 kg de nitrogênio por ha.

As épocas de semeadura e colheita da cenoura nos 3 anos agrícolas (89/90; 90/91 e 91/92) são citadas na tabela 1. As temperaturas (mínima, máxima e média) foram semelhantes nos períodos de condução do experimento, não ocorrendo o mesmo com as chuvas do 3º ano que foram bastante inferiores ao 1º e 2º anos (tabela 1). A irrigação foi efetuada de maneira a se evitar ou corrigir deficiências hídricas durante o desenvolvimento da cenoura.

Os defensivos utilizados foram Diazinon, Deltametrine, Vimidotion contra pragas e Iprodione e Clorotalonil para prevenção de doenças.

A figura 1 mostra um aspecto geral do experimento com cenoura.

3.2.3. Condução do experimento com alface

A alface 'Brasil 221' foi instalada nas parcelas (canteiros), no período do verão por 3 anos. As épocas de plantio, colheita da alface bem como as temperaturas e chuvas nesse período são citadas na tabela 1.

Entre a colheita da cenoura e o plantio da alface os canteiros foram mantidos no limpo através de capinas manuais.

Não foi aplicado calcário antes do plantio da alface nem adubação orgânica, realizando-se aos 15 dias antes do plantio, adubação mineral com 200 g/m² da fórmula 2-20-12, correspondendo à 40; 400 e 240 kg/ha de N; P₂O₅ e K₂O, respectivamente. No tratamento extra "sem Ca e Mg", aplicaram-se doses equivalentes em N; P₂O₅ e K₂O, em relação aos demais tratamentos utilizando-se de MAP (monoamônio fosfato) juntamente com sulfato de potássio.

No 1º ano foi realizada semeadura direta da alface, procedendo-se posterior desbaste nas plantas. No 2º e 3º anos devido à dificuldades tais como excesso de chuvas dificultando a germinação e desuniformidade no "stand", procedeu-se o plantio no sistema de transplante de mudas.

O espaçamento adotado foi de 0,25 x 0,25m, em um total de 4 linhas de 3m de comprimento, (48 plantas), sendo colhidas plantas das 2 linhas centrais, com exceção dos bordos laterais, correspondendo à 20 plantas úteis, por parcela (área útil de 2,5 x 0,50m ou seja 1,25m²).

Foram realizadas 2 coberturas nitrogenadas aos 20 e 40 dias após a semeadura (no 1º ano) e após transplante (no 2º e 3º anos), com 25 g/m² de sulfato de amônio cada uma, correspondendo a um total de 100 kg/ha de N.

Procedeu-se à irrigação por aspersão de maneira complementar às chuvas ou para prevenir eventuais deficiências hídricas.

Os defensivos utilizados foram Deltametrine e Mevinphos contra pragas e Iprodione e Mancozeb para a prevenção de doenças.

A figura 2 mostra um aspecto geral do experimento com alface.

3.2.4. Avaliação da produtividade e qualidade da cenoura

A produtividade da cenoura foi avaliada nos 3 anos do experimento, pesando-se as raízes em gramas por parcela (área útil de 1,728m²), classificando-as quanto ao tipo (qualidade comercial) no qual é considerado o comprimento e diâmetro das raízes. Adotou-se a norma da COOPERATIVA AGRÍCOLA DE COTIA (1989a), que no período deste trabalho era a responsável pela maior parte da cenoura comercializada no Estado de São Paulo. A classificação foi a seguinte:

Extra AA: comprimento de 17 a 19 cm; diâmetro entre 3,0 e 4,0cm.

FIGURA 1. Aspecto da área com experimento de calagem em cenoura de inverno (ano 1)

FIGURA 2. Aspecto da área com experimento de calagem em alface de verão (ano 1) cultivada após cenoura.

Extra A: comprimento de 13 a 17 cm; diâmetro entre 2,5 e 4,0cm.

Extra: comprimento de 9 a 12 cm; diâmetro entre 2,0 e 4,0cm.

Especial: comprimento de 9 a 12 cm; diâmetro entre 1,0 e 2,0cm.

Defeituosas: raízes rachadas, deformadas, com danos mecânicos, ou causados por pragas e doenças.

Imediatamente após a colheita, a cenoura foi transportada e armazenada em câmara fria a 0-2°C e umidade relativa de 95%, sendo após isso pesada em balança nivelada com aferição de 1 a 5 kg.

O peso das raízes comercializáveis corresponde à diferença entre o peso total (extra AA + extra A + extra + especial) e o peso das raízes defeituosas.

A qualidade nutricional foi avaliada coletando-se de cada parcela 10 raízes para análise dos teores de betacaroteno (pró vitamina A), açúcares totais, açúcares solúveis (monossacarídeos) e porcentagem de matéria seca.

Os teores de betacaroteno foram determinados conforme normas da ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC) (1984). A análise de açúcares solúveis e açúcares totais foi feita conforme DUBOIS *et al* (1956).

A porcentagem da matéria seca foi determinada conforme BATAGLIA *et al* (1978).

3.2.5. Avaliação da produtividade e qualidade da alface

A produtividade da alface foi avaliada, nos 3 anos do ensaio, quanto ao peso fresco da cabeça (em gramas). A qualidade comercial foi determinada avaliando-se o diâmetro maior da cabeça da alface, considerando-se toda a parte aérea, folhas e caule (talo) das plantas, descartando-se as raízes.

O peso fresco foi determinado no local de colheita, utilizando-se balança nivelada com aferição de 200g a 1000g. O diâmetro foi determinado na mesma ocasião, utilizando-se de régua de 30cm de comprimento.

Foram também feitas observações quanto à firmeza e frescor das plantas que receberam ou não calcário.

O frescor, segundo a COOPERATIVA AGRÍCOLA DE COTIA (1989b), corresponde ao aspecto saudável da alface, recém colhida e com turgescência.

3.2.6. Avaliação das características químicas do solo

Foram efetuadas as análises químicas do solo, nas seguintes fases do estudo: antes da aplicação do calcário e fertilizantes; aos 30 dias após a calagem, adubação orgânica e mineral (antes da semeadura da cenoura); após a colheita da

cenoura (1º e 2º ano); após colheita da alface (1º e 2º ano) e após as colheitas da cenoura e alface (3º ano).

Foram coletadas com trado tipo holandes, 15 subamostras de cada parcela do experimento, na profundidade de 0 a 20cm, misturadas, e acondicionadas em caixas de papelão para análise química. Após a colheita da alface do 3º ano de ensaio, foram também coletadas amostras de solo na profundidade de 20 a 40cm, para se observar possível acúmulo de nutrientes, nessa camada.

As amostras de solo foram analisadas pelo laboratório de Fertilidade de Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agrônomo de Campinas, adotando-se a metodologia de análise descrita por RAIJ & QUAGGIO (1983).

Foram determinados o pH (CaCl_2 0,01M); fósforo (resina); matéria orgânica (M.O.%), potássio, cálcio, magnésio, hidrogênio + alumínio, soma de bases (Sb), capacidade de troca catiônica (T) e porcentagem de saturação por bases (V) do solo.

O efeito da aplicação de calcário em cada ano e residual nas características químicas do solo foram analisados estatisticamente, sendo apresentados e discutidos mais adiante.

3.2.7. Avaliação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas e raízes da cenoura

Foram analisados os teores de macro e micronutrientes da cenoura nas seguintes épocas:

1º ano: folhas e raízes, de todos os tratamentos (20 plantas por parcela) por ocasião da colheita.

2º ano: folhas ao 78 dias (2/3 do crescimento da planta), das parcelas sem calagem e daquelas que receberam 4 e 8 t de calcário/ha, no 1º e no 2º ano de experimento.

A amostragem das folhas para diagnose foliar baseou-se em CHAPMAN (1966), coletando-se todas as folhas da parte aérea, com pecíolo, na época de maior crescimento das raízes. Foram coletadas amostras de 20 plantas por parcela conforme JONES JR. (1985).

Essas determinações objetivam estimar os teores adequados e o nível crítico para o cálcio e magnésio nas folhas e raízes de cenoura, comparando-se os teores desses nutrientes com as produções observadas para os diferentes níveis de calagem.

As análises químicas de macro e micronutrientes nas raízes e folhas de cenoura foram realizadas pela Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas, adotando-se a metodologia descrita por BATAGLIA et al (1983).

3.2.8. Avaliação dos teores de macro e micronutrientes nas folhas de alface

Foram analisados os teores de macro e micronutrientes na parte aérea da alface, por ocasião da colheita, com amostragem conforme citado em PIGGOTT (1988), coletando-se 10 plantas por parcela.

Ao se comparar os valores de cálcio e magnésio na parte aérea da alface com as produções observadas, pode-se estimar os níveis adequado e crítico desses nutrientes.

A análise química de macro e micronutrientes na alface foram realizadas pela Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Instituto Agronômico de Campinas, conforme metodologia descrita por BATAGLIA *et al* (1983).

3.2.9. Análise estatística dos resultados

As análises de variância obedeceram ao delineamento em blocos ao acaso, para todos os parâmetros avaliados, nos 3 anos do experimento.

As diferenças entre as médias de tratamento foram comparadas através do teste de Tukey a 5% de probabilidade de acordo com GOMES (1985).

A análise de variância para os parâmetros avaliados foi realizada conforme tabela 4.

TABELA 4. Esquema de análise de variância utilizada no trabalho.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos (R)	R-1	SQ ₃	Q ₃	Q ₃ /Q ₁
Tratamentos (P)	P-1	SQ ₂	Q ₂	Q ₂ /Q ₁
Erro	(R-1) (P-1)	SQ ₁	Q ₁	-
Total	PR-1	SQt		

Sendo: GL: graus de liberdade

SQ: soma dos quadrados

QM: quadrado médio

Foi realizada análise de regressão para os resultados significativos ao nível de 5% de probabilidade, determinando-se as equações de regressão e o respectivo coeficiente de correlação, utilizando-se o símbolo r^2 para retas e R^2 para curvas.

As produtividades máximas ($\hat{Y}$) estimadas nas equações de 2º grau ($\hat{Y} = ax^2 + bx + c$), basearam-se no cálculo de $X = -\frac{b}{2a}$, onde X foi a quantidade de calcário necessária para se obter a produtividade máxima $\hat{Y}$.

As produtividades máximas ($\hat{Y}$) estimadas nas equações de 1º grau ($\hat{Y} = C + bx$) basearam-se no valor máximo de X.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Descrição dos sintomas de deficiências nutricionais

4.1.1. Cenoura

Aos 45 dias após a germinação da cenoura, verificou-se plantas com as folhas pouco desenvolvidas (6 a 8 cm de altura) nas parcelas que não receberam calagem (figura 3) e na dose menor de calcário (2t/ha). Nas demais, o comprimento das folhas situou-se entre 12 e 16 cm (figura 4).

As folhas de plantas com deficiência apresentavam cor verde mais claro em relação às demais. Áreas necróticas na região apical e margens de folhas jovens associadas à deficiência de cálcio não foram identificadas, provavelmente devido à cenoura 'Nantes' ser menos exigente em cálcio quando comparada a outros cultivares, conforme relatado por TIBBITTS *et al* (1983).

A diferença de desenvolvimento da parte aérea da cenoura entre os tratamentos sem calagem e menor dose de calcário (2t/ha) e os demais tratamentos acentuou-se até os 60 dias de idade, não se verificando diferenças visuais quanto ao desenvolvimento das raízes nesse período.

A partir dos 60 a 70 dias de idade verificou-se que plantas dos tratamentos sem calcário mostravam raízes menores e de pior padrão comercial em relação aos tratamentos que receberam 4, 6 e 8 t de calcário por ha. As folhas mais velhas das plantas deficientes eram pequenas e amareladas, algumas com clorose característica de deficiência de magnésio (figura 5).

As plantas do tratamento com 2 t de calcário/ha, apresentaram-se com os mesmos sintomas da testemunha (sem calcário), em menor grau de intensidade.

Nos 3 anos de experimento não se observaram os sintomas típicos de "cavity spot" associados à deficiência de cálcio nas raízes, provavelmente devido ao cultivar utilizado (Nantes) ser menos susceptível à esse sintoma, concordando com TIBBITTS *et al* (1983), ou devido ao cálcio proveniente do superfosfato simples ter sido suficiente para prevenir o aparecimento desses sintomas.

As plantas dos tratamentos extras " MAP (sem cálcio)" e sem "micro", neste experimento, mostraram folhas pequenas e raízes pouco desenvolvidas, algumas menores que aquelas do tratamento sem calcário.

FIGURA 3. Plantas de cenoura aos 45 dias de idade, em parcela sem calcário (ano 1).

FIGURA 4. Plantas de cenoura aos 45 dias de idade, em parcela com 6 t de calcário por ha (ano 1).

FIGURA 5. À esquerda, 1 planta de cenoura do tratamento com calcário (6t/ha). À direita, 2 plantas e 1 folha destacada, do tratamento sem calcário.

4.1.2. Alface

Os sintomas de deficiência de cálcio e magnésio na alface apareceram na 1ª metade do ciclo, acentuando-se até o seu final. As plantas que não receberam calagem e na dose de 2t de calcário/ha, aos 30 dias de idade mostravam metade do desenvolvimento da parte aérea (diâmetro da cabeça entre 5 e 6cm), em relação aos demais tratamentos.

As folhas mais novas a partir dos 30 a 40 dias de idade, eram pequenas, amareladas e com os bordos enrugados. Foi também observado o amarelecimento e necrose dos bordos das folhas novas e velhas. Esses sintomas são semelhantes aos sintomas de deficiência de Ca descritos por GARCIA *et al* (1982).

Os sintomas de deficiência de magnésio apareceram próximos à colheita (60 a 70 dias), verificando-se uma coloração verde clara entre as nervuras, contrastando com a coloração verde mais escura no restante das folhas mais velhas, similares aos descritos por GARCIA *et al* (1982) e SCAIFE & TURNER (1983).

No período entre 50 e 70 dias de idade apareceram sintomas de doenças causadas por fungos e bactérias em plantas do tratamento sem aplicação de calcário. Esse fato também foi relatado por CRESSWELL (1991) em plantações de alface de verão na Austrália.

Observou-se após a colheita, que plantas de alface, provenientes dos tratamentos sem calagem e MAP-sem cálcio, murcharam mais rapidamente que as demais, mesmo quando conservadas em geladeira.

Apenas no tratamento MAP-sem cálcio, por ocasião da colheita observou-se sintomas típicos do "tipburn", aparecendo pontuações escuras de 1mm de diâmetro na parte basal e margens de folhas novas, necrose das margens e da parte apical da alface, semelhante ao relatado por ASHCAR & RIES (1971) e SCAIFE & TURNER (1983).

É possível que o cálcio proveniente do superfosfato simples tenha sido suficiente para atender parte da demanda pelas plantas da testemunha, que não receberam calcário.

As figuras 6, 7 e 8 mostram as diferenças de desenvolvimento entre plantas da alface, na presença e ausência de calagem.

4.2. Efeito da calagem sobre as produções e qualidade comercial da cenoura

A análise dos dados constantes das tabelas 5, 6 e 7 e figuras 9 e 10 indica que os tratamentos afetaram as produções de cenoura e tipo comercial, nos 3 anos agrícolas. Dessa análise obteve-se os seguintes resultados:

FIGURA 6. Alface aos 70 dias, em parcela (1º plano) do tratamento "sem calcário (ano 1).

FIGURA 7. Alface aos 70 dias, em parcela (1º plano) que recebeu 8t de calcário por ha (ano 1).

FIGURA 8. À direita, alface da parcela que recebeu 8t de calcário por ha (aplicação anterior ao cultivo da cenoura). À esquerda, 2 plantas de alface de parcela sem calagem.

a) Nos 3 anos agrícolas, a aplicação de calcário proporcionou maior produção total de cenoura, em relação à testemunha, o mesmo se verificando para a produção de cenoura comerciável.

b) Nos anos 1 e 3, a calagem proporcionou maiores produções de cenoura dos tipos EXTRA A e EXTRA, em relação à testemunha. O mesmo foi verificado no ano 2 com relação à cenoura dos tipos EXTRA e ESPECIAL.

c) O tratamento MAP (sem cálcio) proporcionou produções menores em relação à testemunha (sem calagem) nos anos 2 e 3 do experimento. Ocorreu também maior quantidade de raízes defeituosas no ano 1 do experimento, quando foi utilizado o tratamento sem cálcio, com MAP.

d) O tratamento sem micronutrientes, com aplicação de 4t de calcário/ha, proporcionou menores produções de cenoura total e comercial nos 3 anos agrícolas em relação ao tratamento com 4t de calcário por ha, mais os micronutrientes B, Cu, Mn e Zn.

e) As máximas produções de cenoura comerciável calculadas conforme as equações de regressão (Fig. 9) foram:

9,9 kg/ 1,728m² para 5,6 t de calcário por ha no ano 1;

7,3 kg/ 1,728m² para 8,0 t de calcário por ha no ano 2;

8,3 kg/ 1,728m² para 6,5 t de calcário por ha no ano 3.

f) As máximas produtividades estimadas de cenoura comerciável, por ha (área total) foram:

57,3 t de cenoura comerciável por ha no ano 1;

42,2 t de cenoura comerciável por ha no ano 2;

48,0 t de cenoura comerciável por ha no ano 3.

g) Ocorreu efeito residual do calcário aplicado no ano 1 e no ano 2 do experimento com relação à testemunha sem calagem.

Verificou-se efeito residual significativo no ano 2 em relação às quantidades de 4; 6 e 8t calcário/ha aplicadas no ano 1.

Esse mesmo efeito residual verificou-se no ano 3 em relação a quantidade de 8 t de calcário/ha aplicada no ano 1, assim como para as quantidades de 4 e 8 t de calcário por ha, aplicadas no ano 2.

h) As produções obtidas de cenoura com aplicação de calcário no ano sempre foram superiores a aquelas decorrentes do efeito residual do ano anterior, quando foram comparadas as mesmas quantidades de calcário aplicadas.

i) Observou-se um efeito residual de 8 t de calcário por ha aplicado em anos anteriores similar ao efeito de 4 t de calcário aplicado no ano subsequente sobre as produções de cenoura comerciável e total.

TABELA 5. Produções de cenoura, classificada em tipos comerciais, em função da calagem efetuada no ano 1 do experimento.

Doses de calcário	EXTRA AA	EXTRA A	EXTRA	ESPECIAL	DEFEIT.	TOTAL	COMERC.
	gramas por parcela (1,728 m ²)						
sem calcário	-	2252 cde	3412 cde	1154 bc	1574 b	8692 c	7118 b
2t/ha	54 abc	3778 ab	4132 abcd	818 c	1574 b	10374 ab	8800 a
4t/ha	162 a	3996 ab	4498 a	1014 bc	1772 b	11442 a	9670 a
6t/ha	142 ab	4146 a	4478 ab	1238 bc	1342 b	11242 a	9900 a
8t/ha	86 abc	3170 ab	4330 abc	1258 bc	1806 b	11190 a	9384 a
sem calcário	52 abc	2374 cde	3644 abcde	1188 bc	1844 b	9102 bc	7256 b
sem calcário	40 abc	2676 cd	3532 bcde	1010 bc	1480 b	8738 c	7258 b
sem calcário	48 abc	2568 cd	3112 e	1124 bc	1610 b	8458 c	6848 b
sem calcário	30 bc	3056 bc	2078 e	1134 bc	1600 b	8528 c	6928 b
MAP (sem cálculo)	20 bc	1950 de	3290 de	1222 bc	2584 a	9066 bc	6482 b
s/micro (4t calc./ha)	- c	1570 e	3092 e	1478 ab	2898 a	9038 bc	6140 b
D.M.S. 5% (Tukey)	125	988	960	511	699	1507	1250
C.V. (%)	108,6	16,3	12,3	19,4	16,7	7,3	7,5

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 6. Produções de cenoura, classificada em tipos comerciais, em função da calagem efetuada no ano 1 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 2 do experimento.

Doses de calcário/ ano de aplicação	EXTRA AA	EXTRA A	EXTRA	ESPECIAL	DEFEIT.	TOTAL	COMERC.
	gramas por parcela (1,728 m ²)						
sem calcário	- c	560 cd	2030 bcd	1598 cde	1978 abcd	6176 cd	4198 de
2t/ha (ano 1)	- c	588 cd	2262 bc	1728 bcde	1844 bcd	6422 bcd	4578 cd
4t/ha (ano 1)	58 c	726 bc	2480 abc	1894 abcd	1516 cd	6674 bc	5158 bc
6t/ha (ano 1)	244 a	930 b	2626 ab	1946 bcd	1430 d	7304 ab	5874 ab
8t/ha (ano 1)	198 ab	1082 a	3090 a	2144 abc	1532 cd	8016 a	6484 a
4t/ha (ano 2)	110 bc	1804 a	2350 bc	2420 a	1466 cd	8150 a	6684 a
8t/ha (ano 2)	124 b	1906 a	2490 abc	2136 ab	1500 cd	8156 a	6656 a
sem calagem	- c	762 c	1988 bcd	1554 cde	2086 abc	6430 bcd	4344 cd
sem calagem	- c	804 bc	1866 cd	1628 bcde	2016 abcd	6134 bcd	4298 cd
MAP (sem cálcio)	- c	298 d	1388 d	1316 e	2586 a	5588 d	3002 f
s/micro (4t calc./ha)	- c	272 d	1534 d	1554 de	2268 ab	5628 d	3360 ef
D.M.S. 5% (Tukey)	131	350	712	528	652	1032	898
C.V. (%)	91,1	25,3	15,1	13,6	16,4	7,0	8,4

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 7. Produções de cenoura, classificada em tipos comerciais, em função da calagem efetuada no ano 1, no ano 2 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 3 do experimento.

Doses de calcário/ ano de aplicação	EXTRA AA	EXTRA A	EXTRA	ESPECIAL	DEFEIT.	TOTAL	COMERC.
	gramas por parcela (1,728 m ²)						
sem calcário	- c	480 de	2434 de	1766 bcd	2176 abc	6856 cd	4860 de
2t/ha (ano 1)	20 bc	795 cd	2596 cde	1716 bcd	1948 abc	6916 cd	4968 de
4t/ha (ano 1)	102 abc	982 bc	2690 cde	2098 abc	2008 abc	7880 bc	5872 cd
6t/ha (ano 1)	70 abc	736 cde	3034 bcd	2052 abc	2070 abc	7962 bc	5892 cd
8t/ha (ano 1)	102 abc	764 cd	3762 ab	2038 abc	1674 bc	8360 abc	6686 bc
4t/ha (ano 2)	142 abc	1214 abc	3456 abc	1638 bcd	1698 bc	8152 abc	6450 bc
8t/ha (ano 2)	262 a	1488 ab	4010 a	2052 abc	1438 c	9210 ab	7772 ab
4t/ha (ano 3)	304 a	1384 ab	3808 ab	2330 ab	1492 bc	9318 ab	7826 ab
8t/ha (ano 3)	244 ab	1564 a	3776 ab	2576 a	1488 bc	9648 a	8160 a
MAP (sem cálculo)	- c	356 de	1470 f	1198 d	2678 a	5560 d	2882 f
s/micro (4t calc./ha)	- c	276 e	1864 ef	1484 cd	2244 ab	5868 d	3684 ef
D.M.S. 5% (Tukey)	235	466	944	797	765	1515	1377
C.V. (%)	96,5	24,6	14,6	19,4	18,7	9,0	10,8

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FIGURA 9 PRODUÇÃO DE CENOURA EM FUNÇÃO DE CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRÍCOLAS

FIGURA 10 PRODUÇÃO DE CENOURA EM FUNÇÃO DE CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL NOS ANOS 2 E 3.

Os resultados obtidos com relação ao aumento da produção de cenoura resultante da calagem concordam com CAMARGO (1960), onde houve resposta tanto no ano da aplicação como para o efeito residual do calcário aplicado. As melhores doses de calcário encontradas pelo autor se situam entre 2,5 e 5,0 t por ha, inferiores à este trabalho, e se devem provavelmente ao outro tipo de solo (LVA) do experimento, condições climáticas distintas, bem como ao tipo de calcário utilizado.

HEMPHILL & JACKSON (1982) obtiveram maiores produtividades de cenoura em 2 tipos de solo, encontrando resposta à aplicações de 4,5 t e 9,0 t de calcário por ha, conforme o tipo de solo. Essas quantidades aproximam-se daquelas encontradas no presente trabalho.

LAUGHLIN *et al* (1987), aplicando 2 doses de calcário (0 e 4t/ha), observaram aumento na produtividade de cenoura em 2 dos 3 anos estudados, sugerindo-se haver o efeito das variações climáticas dependendo do ano agrícola. Isso explica em parte os resultados desse trabalho, onde nos 3 anos do experimento, verificaram-se diferentes produções de cenoura para as mesmas quantidades de calcário utilizadas.

Os resultados da análise química do solo, explicam também as variações de produção, conforme será descrito mais adiante.

SCIVITTARO *et al* (1992) observaram as maiores produções de cenoura para calagem calculada para atingir

saturações por bases de 60 e 90%, correspondendo à doses de carbonato de cálcio entre 2,9 e 4,6 t por ha.

O tratamento MAP (sem cálcio) acarretou produções menores de cenoura em relação ao tratamento sem calagem, o que mostra a importância do cálcio para as plantas. Além disso o fertilizante MAP é mais acidificante em relação ao superfosfato simples. ALCARDE (1990) relatou que o MAP misturado à água destilada provocou um decréscimo de pH de 6,3 para 3,7 no meio aquoso.

4.3. Efeito da calagem sobre a qualidade nutricional da cenoura

Os teores de betacaroteno, açúcares totais, solúveis e matéria seca (sólidos totais) nas raízes de cenoura, conforme diferentes doses de calcário aplicadas no ano 1 do experimento são apresentados na tabela 8.

Os resultados mostram que não houve efeito dos tratamentos em nenhum dos parâmetros estudados, ao contrário dos trabalhos de SOUTHARDS & MILLER (1962) e MICHALIK (1985), onde relatou-se o efeito positivo do magnésio, proveniente de fertilizantes, nos teores de betacaroteno e açúcares totais em cenoura.

Uma possibilidade para a ausência de resposta à calagem seria que a quantidade de magnésio existente no solo (0,5 a 0,6 meq. de Mg^{++}) após a aplicação do esterco de galinha foi suficiente para o cultivar Nantes apresentar teores de betacaroteno e açúcares similares aos demais tratamentos, com diferentes quantidades de calcário.

TABELA 8 . Teores de betacaroteno (pró vitamina A), açúcares totais, açúcares solúveis e matéria seca de raízes de cenoura, conforme doses de calcário aplicadas no ano 1 do experimento.

Doses de calcário	Betacaroteno (UI/g mat.fresca)	Açúcares totais g/100 g mat. fresca		Matéria seca (%)
		Açúcares totais	Açúcares solúveis	
sem calcário	74,5 a	6,6 a	4,6 a	11,0 a
2t/ha	86,1 a	7,2 a	5,1 a	12,0 a
4t/ha	84,4 a	6,6 a	4,7 a	10,8 a
6t/ha	65,1 a	6,9 a	4,9 a	11,3 a
8t/ha	71,4 a	6,8 a	4,9 a	11,1 a
sem calcário	76,2 a	7,4 a	5,4 a	11,5 a
sem calcário	68,2 a	6,6 a	4,6 a	11,1 a
sem calcário	77,2 a	6,8 a	4,8 a	11,2 a
sem calcário	70,4 a	7,1 a	5,0 a	11,2 a
MAP (sem cálcio)	77,5 a	7,1 a	5,0 a	11,0 a
s/ micro (4t calc./ha)	66,9 a	6,6 a	4,5 a	10,9 a
Média geral	74,4	6,9	4,9	11,2
DMS 5% (Tukey)	22,0	0,09	0,1	1,6
C.V. (%)	13,7	4,2	6,6	6,5

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4. Efeito da calagem sobre as produções e diâmetro da alface

A análise dos dados constantes nas tabelas 9, 10 e figuras 11, 12, 13 e 14, indica que os tratamentos afetaram as produções de alface e diâmetro da cabeça (qualidade comercial), nos 3 anos agrícolas. Dessa análise obteve-se os seguintes resultados:

a) Nos 3 anos agrícolas, a aplicação de calcário proporcionou maior produção total e maior diâmetro da cabeça em relação à testemunha, sem calagem.

b) O tratamento MAP (sem cálcio) proporcionou produção de alface semelhante à testemunha no ano 1 e produções inferiores nos anos 2 e 3 do experimento.

c) O tratamento sem micronutrientes com aplicação de 4 t de calcário/ha, proporcionou produções de alface nos 3 anos agrícolas, semelhantes ao tratamento que recebeu 4 t de calcário/ha contendo os micronutrientes B, Cu, Mn e Zn.

O mesmo foi observado para o diâmetro da cabeça de alface quando se comparou estes tratamentos com e sem micronutrientes.

d) As máximas produções de alface estimadas conforme as equações de regressão (figura 11) foram:

113,7 g por cabeça para 8,7 de calcário/ha no ano 1.

153,1 g por cabeça para 8 de calcário/ha no ano 2.

177,5 g por cabeça para 8 de calcário/ha no ano

3.

e) Considerando-se 20 cabeças de alface em área útil de $1,25\text{m}^2$ (160.000 cabeças/ha) as produtividades estimadas foram: 18,2 t de alface por ha no ano 1

24,5 t de alface por ha no ano 2

28,4 t de alface por ha no ano 3

f) Os máximos diâmetros das cabeças de alface estimados conforme as equações de regressão (figura 13) foram: 20,1 cm de diâmetro para 7,5 t de calcário por ha no ano 1.

24,2 cm de diâmetro para 6,7 t de calcário por ha no ano 2.

24,4 cm de diâmetro para 8,0 t de calcário por ha no ano 3.

g) Ocorreu efeito residual do calcário aplicado no ano 1 e no ano 2 do experimento em relação à testemunha sem calagem. Verificou-se efeito residual significativo no ano 2 e ano 3, em relação às doses de 4; 6 e 8 t de calcário por ha, aplicados no ano 1.

Essas observações referem-se tanto para o peso como para os diâmetros das cabeças de alface.

h) A produção de alface obtida com a aplicação de 8 t de calcário por ha no ano, 3 mostrou-se superior à produção decorrente do efeito residual de 8 t de calcário por ha aplicado no ano 1 do experimento. A mesma constatação foi feita para os diâmetros das cabeças de alface.

i) observou-se um efeito residual de 8t de calcário por ha, aplicado em anos anteriores, semelhante ao efeito de 4 t de calcário aplicado no ano subsequente, sobre as produções de alface bem como os diâmetros das cabeças.

Os resultados obtidos com relação ao aumento da produção de alface resultante da calagem no ano 1 (18,2 t por ha) são similares aqueles citados por PATERSON (1979), que obteve 16,8 t de alface por ha, com aplicação de calcário para pH 6,1. Esse autor verificou uma produtividade de apenas 6,2 t de alface por ha na ausência de calagem, semelhante às obtidas no presente trabalho (4,0 t, 5,5 t e 5,5, t de alface por ha, nos anos 1, 2 e 3, respectivamente, calculadas pelas equações da figura 11).

HEMPHILL *et al* (1982) observaram variações de 10% até 48% nas produções de alface, para as mesmas quantidades de calcário aplicadas, conforme o ano agrícola. No presente trabalho, ocorreram variações semelhantes, indicando o efeito de fatores climáticos influenciando as produtividades obtidas, independentemente da ação de calagem.

A ausência de cálcio na fonte mineral, no tratamento sem cálcio (MAP), proporcionando menores produções de alface, bem como plantas que murchavam após colhidas mais rapidamente que os demais tratamentos, demonstra a importância da utilização de outras fontes de cálcio para plantas além do calcário, por exemplo, o superfosfato simples, o termofosfato e o gesso agrícola. A ação residual do esterco de galinha aplicado antes do plantio da cenoura não foi suficiente como fonte alternativa de cálcio para a

TABELA 9. Peso da alfafa (média de 20 plantas) em função da calagem (efeito em cada ano e residual nos anos 2 e 3).

Doses de calcário	Época de aplicação	Peso (ano 1) Peso (ano 2) Peso (ano 3)		
		gramas por cabeça		
sem calcário	ano 1, 2 e 3	38,2 e	47,0 d	51,0 ef
2t/ha	ano 1	68,2 cd	61,4 cd	59,2 def
4t/ha	ano 1	92,2 ab	86,8 bc	77,6 cde
6t/ha	ano 1	107,0 a	98,2 b	104,2 bc
8t/ha	ano 1	114,2 a	110,2 b	118,6 bc
4t/ha	ano 2	43,0 e	111,4 b	97,6 bcd
8t/ha	ano 2	45,6 de	148,6 a	134,6 ab
4t/ha	ano 3	42,2 e	41,4 de	116,4 bc
8t/ha	ano 3	38,2 e	37,6 de	176,4 a
MAP (sem cálcio)	ano 1, 2 e 3	33,6 e	13,0 e	18,0 f
s/micro (4t calc./ha)	ano 1, 2 e 3	82,2 bc	81,4 bc	96,8 bcd
D.M.S. 5% (Tukey)		23,5	30,0	42,1
C.V. (%)		16,2	18,3	20,5

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 10. Diâmetro da alfaca (média de 20 plantas) em função da calagem (efeito em cada ano e residual nos anos 2 e 3).

Doses de calcário	cm por cabeça	Época de aplicação	Diâmetro (ano 1)	Diâmetro (ano 2)	Diâmetro (ano 3)
sem calcário		ano 1, 2 e 3	14,2 ef	13,8 d	13,2 e
2t/ha		ano 1	17,6 abcde	16,6 cd	14,6 de
4t/ha		ano 1	19,4 ab	19,6 bc	16,8 cd
6t/ha		ano 1	19,2 ab	21,0 ab	18,4 bc
8t/ha		ano 1	20,8 a	22,6 ab	19,6 bc
4t/ha		ano 2	15,6 cdef	22,6 ab	18,2 bc
8t/ha		ano 2	16,0 bcdef	24,0 a	21,2 ab
4t/ha		ano 3	14,8 def	14,8 d	20,8 ab
8t/ha		ano 3	15,0 cdef	14,0 d	23,8 a
MAP (sem cálcio)		ano 1, 2 e 3	13,0 f	9,6 e	9,6 f
s/micro (4t calc./ha)		ano 1, 2 e 3	18,2 abcd	19,0 bc	18,4 bc
D.M.S. 5% (Tukey)			3,5	4,2	3,2
C.V. (%)			9,5	10,8	8,5

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

FIGURA 11 PESO DA ALFACE EM FUNÇÃO DE CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRÍCOLAS

FIGURA 12 PESO DA ALFACE EM FUNÇÃO DE CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL NOS ANOS 2 E 3

FIGURA 13 DIÂMETRO DA ALFACE EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRÍCOLAS

val. = valores ; obs. = observados ; est. = estimados

· val. obs. ano 1 + val. est. ano 1 * val. obs. ano 2
 --o-- val. est. ano 2 x val. obs. ano 3 --+-- val. est. ano 3

FIGURA 14 DIÂMETRO DA ALFACE EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL NOS ANOS 2 E 3

alface, tendo em vista que as produtividades nos tratamentos sem cálcio (MAP) e "sem calcário", mesmo recebendo esterco de galinha, foram significativamente inferiores aos demais tratamentos.

As produções semelhantes de alface obtidas nos tratamentos contendo ou não micronutrientes (ambos com aplicação de 4 t de calcário por ha) podem ser explicadas pela liberação de alguns micronutrientes do corretivo de acidez, conforme relatado por AMARAL *et al* (1994). Outra hipótese está no fato de ter sido utilizado o fungicida Mancozeb, que contém em sua composição o Mn e Zn, os quais ainda que parcialmente, foram fornecidos ao alface via foliar. A terceira possibilidade é que parte dos micronutrientes seja proveniente do esterco de galinha aplicado anteriormente à cenoura. No entanto, HIROCE (1972), utilizando esterco de curral para o cafeeiro, não observou acréscimos nos teores foliares de B, Cu, Fe e Zn, com exceção do Mn, nessa cultura.

A ação do calcário sobre as produções de cenoura e alface cultivadas em sucessão nos 3 anos agrícolas, bem como o efeito residual verificado principalmente para as maiores doses aplicadas (4, 6 e 8 t/ha), é concordante com os resultados obtidos e relatados por RAIJ *et al* (1982), QUAGGIO (1986), MIRANDA (1993) e NATALE & COUTINHO (1994), para outras culturas.

4.5. Efeito da calagem nas características químicas do solo

4.5.1. Efeito da calagem nas características químicas do solo, antes do plantio das hortaliças

A tabela 11 mostra os resultados de análise do solo no local do ensaio, aos 30 dias após a calagem, após a adubação orgânica, adubação mineral e antes da semeadura da cenoura. Na parte inferior da tabela encontram-se os resultados de análise original do solo, antes da calagem.

Os dados demonstram o efeito do esterco de galinha em algumas características químicas do solo, além de sua atuação nas propriedades físicas do solo. Assim é que os teores de cálcio elevaram-se de 1,2 para 2,3 meq (por 100cc de solo), os teores de magnésio elevaram-se de 0,3 para 0,6 meq (por 100cc de solo) e a saturação por bases elevou-se de 30% para 48%, quando comparou-se a análise original do solo com a análise do tratamento "sem calcário", porém com adubação. Os aumentos nos teores de cálcio do solo devem-se ao superfosfato simples e ao esterco de galinha que contém cálcio em sua composição. Os aumentos nos teores de magnésio são atribuídos ao magnésio contido no esterco de galinha. Finalmente, o aumento na porcentagem de saturação por bases do tratamento "sem calcário" decorre da ação de ambos os fertilizantes mineral e orgânico.

As saturações por base de 57%, 73%, 82%, 81%, foram atingidos após 30 dias das aplicações de 2; 4; 6 e 8t

de calcário por ha, respectivamente. Teoricamente com a utilização da equação: $t \text{ de calcário/ha} = \frac{(V_2 - V_1)}{100} T \times \frac{100}{PRNT}$, as saturações por bases atingidas seriam 65%, 100%, 136% e 171% com as aplicações de 2;4;6 e 8t de calcário por ha, respectivamente.

Os valores de pH (CaCl_2) aos 30 dias após a calagem foram 5,0; 5,4; 6,0; e 6,0 para as aplicações de 2; 4; 6 e 8t de calcário por ha, respectivamente. Utilizando a equação proposta por QUAGGIO (1983b), ou seja $\text{pH} (\text{CaCl}_2) = 3,66 + 0,0271 \text{ V\%}$, os valores de pH teoricamente atingidos seriam 5,4; 6,4; 7,3; e 8,3; para as aplicações de 2; 4; 6 e 8t de calcário por ha, respectivamente. Utilizando uma das equações propostas por CASTRO *et al* (1972) para os solos podzolizados, ou seja $\text{pH} (\text{CaCl}_2) = 3,54 + 0,0205 \text{ V\%}$, os valores de pH teoricamente atingidos seriam 4,9; 5,6; 6,3 e 7,0; para as aplicações de 2; 4; 6 e 8t de calcário por ha, respectivamente. Esses valores de pH e saturação por bases atingidos, abaixo dos valores teoricamente calculados, em parte são explicados pelo poder tampão do solo, relacionado aos teores de matéria orgânica e argila. Na prática esse fato tem sido verificado em outros tipos de solo sugerindo-se outra hipótese para explica-lo. Segundo RAIJ (1990)³, as quantidades de hidrogenio trocavel (H^+) apontados pela análise em alguns tipos de solo, estão subestimadas em

³RAIJ, B. van. (Instituto Agronômico, Campinas, SP) Comunicação pessoal, 1990.

relação às quantidades realmente presentes no solo, indicando a necessidade de ajustar a metodologia atualmente adotada para determinação do H+Al do solo.

A tabela 11 baseou-se em análise efetuada de amostras de solo coletadas da seguinte maneira: 5 subamostras de cada repetição, sendo o total de 25 subamostras por tratamento formando 1 amostra composta, não sendo portanto possível a análise de variância, o que não invalida as observações acima realizadas.

Os resultados de análise do solo, após as colheitas de cenoura e alface, nos anos 1, 2 e 3, mostram valores de pH e V%, que permitem conclusões semelhantes a aquelas decorrentes da avaliação da tabela 11, sendo apresentados e discutidos em seguida.

4.5.2. Efeito da calagem nas características químicas do solo, após as colheitas das hortaliças nos anos 1, 2 e 3

As tabelas 12 e 13 mostram os resultados de análise de solo após as colheitas da cenoura e alface no ano 1. As tabelas 14 e 15 mostram os resultados de análise de solo após as colheitas de cenoura, e da alface, no ano 2, em função da calagem efetuada no ano 1 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 2 do experimento. A tabela 16 mostra os resultados de análise de solo após as colheitas de cenoura

TABELA 11. Resultados de análise de solo, 30 dias após a calagem, adubação NPK e orgânica, antes dos plantios de cenoura e da alface no ano 1 do experimento.

Doses de calcário	P µg/cc	M.O. %	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg meq/100 cc solo	H + Al	S	T	V %
sem calcário	81	1,8	4,5	0,59	2,3	0,6	3,8	3,5	7,3	48
2t/ha	83	1,5	5,0	0,58	2,5	0,8	2,9	3,9	6,8	57
4t/ha	126	1,6	5,4	0,57	3,9	1,2	2,1	5,7	7,8	73
6t/ha	163	1,5	6,0	0,51	5,8	1,6	1,7	7,9	9,6	82
8t/ha	139	1,5	6,0	0,59	5,1	1,7	1,7	7,4	9,1	81
sem calcário	126	1,4	4,7	0,61	3,2	0,6	3,3	4,4	7,7	57
sem calcário	126	1,6	4,7	0,59	2,8	0,5	3,4	3,9	7,3	53
sem calcário	163	1,5	4,6	0,58	3,4	0,6	3,5	4,6	8,1	57
sem calcário	139	1,4	4,6	0,78	3,8	0,7	3,5	5,3	8,8	60
MAP (sem cálcio)	240	1,6	4,5	0,54	2,4	0,5	3,6	3,4	7,0	49
s/ micro (4t calc./ha)	228	1,8	5,7	0,56	5,9	1,5	2,0	8,0	10,0	80
análise antes da calagem e adubação	7	1,8	4,3	0,10	1,2	0,3	3,8	1,6	5,4	30

TABELA 12. Resultados de análise de solo após colheita da cenoura, em função da calagem efetuada no ano 1 do experimento.

Doses de calcário	P μg/cc	M.O. %	pH (CaCl2)	meq/100 cc solo					T	V %
				K	Ca	Mg	H + Al	S		
sem calcário	39 a	1,6 bc	4,2 d	0,13 a	1,6 c	0,34 ef	3,7 a	2,0 cd	5,8 ab	35 de
2t/ha	50 a	1,6 abc	4,6 cd	0,11 a	2,0 bc	0,50 de	3,1 abc	2,6 bcd	5,7 ab	46 cd
4t/ha	59 a	1,5 bc	4,8 bc	0,12 a	2,1 bc	0,60 cd	2,6 bcd	2,9 bc	5,4 b	53 bc
6t/ha	67 a	1,4 c	5,0 ab	0,12 a	2,7 ab	0,80 b	2,3 d	3,6 ab	5,9 ab	60 ab
8t/ha	61 a	1,5 bc	5,4 a	0,10 a	3,4 a	1,02 a	1,9 d	4,5 a	6,4 a	69 a
sem calcário	66 a	1,5 bc	4,3 d	0,11 a	1,5 c	0,30 f	3,2 ab	1,9 cd	5,1 b	36 de
sem calcário	58 a	1,5 bc	4,3 d	0,11 a	1,6 c	0,30 f	3,2 ab	2,0 cd	5,2 b	38 de
sem calcário	49 a	1,9 ab	4,3 d	0,11 a	1,6 c	0,26 f	3,3 ab	2,0 cd	5,2 b	37 de
sem calcário	38 a	1,5 bc	4,3 d	0,11 a	1,5 c	0,30 f	3,3 ab	1,9 cd	5,2 b	37 de
MAP (sem cálcio)	36 a	2,0 a	4,2 d	0,10 a	1,3 c	0,26 f	3,7 a	1,7 d	5,4 b	32 e
s/ micro (4t calc./ha)	53 a	1,8 abc	4,9 bc	0,08 a	2,6 ab	0,72 bc	2,4 cd	3,5 ab	5,8 ab	59 abc
DMS 5% (Tukey)	39	0,43	0,4	0,05	0,95	0,19	0,74	1,1	0,96	13,3
C.V. (%)	34,0	12,5	4,2	20,9	22,0	18,0	11,6	19,4	8,0	13,5

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 13. Resultados de análise de solo após colheita da alfafa, em função da calagem efetuada no ano 1 do experimento.

Doses de calcário	P µg/cc	M.O. %	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H + Al		S	T	V %
							meq/100 cc solo				
sem calcário	62 cd	1,7 a	4,3 d	0,16 a	2,1 cd	0,26 d	4,3 ab	2,5 de		6,8 bc	37 de
2t/ha	79 bcd	1,9 a	4,7 c	0,16 a	2,8 bc	0,48 cd	3,6 bc	3,5 cd		7,0 bc	49 cd
4t/ha	111 ab	1,7 a	5,1 b	0,15 a	3,6 b	0,74 bc	2,9 cd	4,5 bc		7,4 abc	61 bc
6t/ha	97 abcd	1,7 a	5,2 b	0,16 a	4,0 ab	0,98 b	2,7 de	5,1 ab		7,8 ab	65 ab
8t/ha	133 a	1,9 a	5,6 a	0,13 a	5,0 a	1,30 a	2,0 e	6,5 a		8,5 a	75 a
sem calcário	72 bcd	1,7 a	4,3 d	0,15 a	1,9 cd	0,24 d	4,2 ab	2,3 de		6,5 bc	36 e
sem calcário	80 bcd	1,6 a	4,3 d	0,14 a	2,1 cd	0,26 d	4,1 ab	2,5 de		6,6 bc	38 de
sem calcário	87 abcd	1,7 a	4,3 d	0,16 a	2,1 cd	0,22 d	4,1 ab	2,5 de		6,6 bc	38 de
sem calcário	69 bcd	1,7 a	4,3 d	0,16 a	1,9 cd	0,26 d	4,1 ab	2,4 de		6,4 c	37 e
MAP (sem cálcio)	104 abc	1,9 a	4,3 d	0,13 a	1,4 d	0,24 d	4,6 a	1,8 e		6,4 c	28 e
s/ micro (4t calc./ha)	54 d	1,7 a	4,9 bc	0,13 a	2,9 bc	0,64 c	2,7 de	3,7 bcd		6,3 c	58 bc
DMS 5% (Tukey)	48,6	0,55	0,32	0,04	1,30	0,26	0,7	1,5		1,35	12
C.V. (%)	26,3	14,1	3,2	13,2	21,9	22,8	10,3	20,6		6,9	11,5

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 14. Resultados de análise de solo após colheita da cenoura em função da calagem efetuada no ano 1 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 2 do experimento.

Doses de calcário	P µg/cc	M.O. %	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg meq/100 cc solo	H + Al	S	T	V %
sem calcário	38 ab	2,2 ab	4,1 fg	0,14 a	1,3 f	0,22 g	5,2 b	1,7 g	6,9 cd	25 f
2t/ha (ano 1)	41 a	2,3 ab	4,3 defg	0,13 ab	1,6 ef	0,30 efg	4,5 bc	2,0 g	6,5 d	31 ef
4t/ha (ano 1)	43 a	2,5 ab	4,5 bcde	0,13 ab	2,0 def	0,46 def	3,8 cd	2,6 efg	6,4 d	40 cde
6t/ha (ano 1)	35 ab	2,5 ab	4,6 bcd	0,12 ab	2,9 bcd	0,52 cde	3,8 cd	3,5 bcde	7,3 bcd	49 bc
8t/ha (ano 1)	30 ab	2,6 ab	4,8 bc	0,12 ab	3,4 b	0,70 abc	3,4 cd	4,2 bc	7,6 bcd	55 ab
4t/ha (ano 2)	41 a	2,4 ab	4,7 bc	0,13 ab	3,5 ab	0,64 bcd	3,5 cd	4,3 bc	7,8 abc	54 b
8t/ha (ano 2)	43 a	3,1 a	5,2 a	0,09 b	4,5 a	0,88 a	2,9 d	5,4 a	8,3 ab	66 a
sem calcário	40 a	2,1 ab	4,2 efg	0,13 ab	2,8 bcd	0,32 efg	5,1 b	3,3 cdef	8,3 ab	39 cde
sem calcário	32 ab	1,8 b	4,2 fg	0,13 ab	2,4 cde	0,24 fg	5,1 b	2,8 defg	7,9 abc	35 def
MAP (sem calcário)	17 b	1,9 b	4,0 g	0,15 a	1,8 ef	0,26 fg	6,6 a	2,3 fg	8,9 a	26 f
s/ micro (4t calc./ha)	31 ab	1,9 b	4,8 ab	0,12 ab	3,6 ab	0,86 ab	3,5 cd	4,5 ab	8,1 abc	56 ab
DMS 5% (Tukey)	21	1,0	0,36	0,04	0,95	0,23	1,2	1,10	1,27	11,1
C.V. (%)	28,6	21,0	3,7	16,1	16,0	21,0	12,8	15,1	7,6	11,7

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 15. Resultados de análise de solo após colheita da alfaca, em função da calagem efetuada no ano 1 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 2 do experimento.

Doses de calcário	P μg/cc	M.O. %	pH (CaCl ₂)	meq/100 cc solo					V %
				K	Ca	Mg	H + Al	S	
sem calagem	134 a	2,3 a	4,0 f	0,12 a	1,6 de	0,16 f	5,8 b	1,8 g	24 fg
2t/ha (ano 1)	123 a	2,3 a	4,2 ef	0,11 a	1,7 cde	0,20 ef	5,2 bc	2,0 g	28 ef
4t/ha (ano 1)	157 a	2,4 a	4,4 de	0,12 a	2,3 bcd	0,28 de	4,6 cd	2,7 cd	37 de
6t/ha (ano 1)	121 a	2,4 a	4,5 cd	0,11 a	2,4 bc	0,34 d	4,0 de	2,8 bc	41 cd
8t/ha (ano 1)	163 a	2,5 a	4,8 bc	0,12 a	2,8 b	0,50 c	3,6 ef	3,4 b	49 bc
4t/ha (ano 2)	158 a	2,3 a	4,5 d	0,13 a	2,3 bcd	0,52 c	4,1 de	2,9 b	42 cd
8t/ha (ano 2)	202 a	2,4 a	5,2 a	0,11 a	3,7 a	1,02 a	2,9 f	4,8 a	62 a
sem calagem	170 a	2,4 a	4,1 f	0,13 a	1,5 e	0,20 ef	5,7 b	1,8 d	24 fg
sem calagem	157 a	2,3 a	4,0 f	0,14 a	1,7 cde	0,20 ef	6,1 b	2,1 cd	26 fg
MAP (sem cálcio)	176 a	2,5 a	3,7 g	0,13 a	1,2 e	0,16 f	7,7 a	1,5 d	16 g
s/ micro (4t calc./ha)	138 a	2,2 a	4,9 ab	0,13 a	3,7 a	0,76 b	3,3 ef	4,6 a	58 ab
DMS 5% (Tukey)	97	0,56	0,30	0,06	0,76	0,10	1,0	0,82	9,7
C.V. (%)	28,9	11,0	3,1	22,7	15,6	12,0	9,6	13,8	12,1

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

e alface, em função da calagem afetuada no ano 1, no ano 2 (efeito residual) e da calagem afetuada no 3 do experimento. A tabela 17 mostra os resultados de análise do solo na profundidade de 20 a 40cm, após as colheitas de cenoura e alface, no ano 3 do experimento.

Da análise dessas tabelas conclue-se que:

a) Os resultados de pH, magnésio, hidrogenio + alumínio, soma de base trocaveis (S) e saturação por base (V) do solo, foram afetadas pelas doses de calcário aplicados nos anos 1, 2 e 3 do experimento.

b) Os resultados de fósforo, matéria orgânica, potássio e capacidade de troca catiônica (T), do solo, não foram de maneira geral, afetados pelas doses de calcário aplicados, nos anos 1, 2 e 3 do experimento.

c) Dentre os parâmetros avaliados, o pH determinado em solução de CaCl_2 0,01M, foi o que apresentou menores coeficientes de variação nos 3 anos do experimento, confirmando os resultados obtidos por CASTRO *et al* (1972) e por QUAGGIO (1983a) onde demonstrou-se que a determinação do pH em solução de CaCl_2 (0,01M) é mais precisa que o pH determinado em água (relação solo: água 1:2,5).

d) Após o pH, os valores de saturação por bases do solo (V) foram aqueles que apresentaram menor coeficiente de variação, o que reforça a utilização desse parâmetro no cálculo de calagem para as culturas.

TABELA 16. Resultados de análise de solo após colheitas da cenoura e da alface, em função da calagem efetuada no ano 1, no ano 2 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 3 do experimento.

Doses de calcário	P µg/cc	M.O. %	pH (CaCl ₂)	meq/100 cc solo					V %
				K	Ca	Mg	H + Al	S	
sem calcário	67 b	1,8 a	3,9 f	0,06 a	1,7 dc	0,18 e	7,5 a	2,0 cd	21 ef
2t/ha (ano 1)	82 ab	1,9 a	4,0 ef	0,05 a	2,1 bcd	0,22 e	6,3 ab	2,4 bcd	28 def
4t/ha (ano 1)	85 a	1,8 a	4,2 ef	0,07 a	2,3 bc	0,26 de	5,2 bc	2,7 bcd	34 cde
6t/ha (ano 1)	110 ab	1,8 a	4,2 ef	0,05 a	2,7 bc	0,32 de	4,9 bcd	3,1 bc	38 bcd
8t/ha (ano 1)	106 ab	2,0 a	4,3 de	0,07 a	2,7 abc	0,36 cde	4,7 bc	3,2 bc	39 bcd
4t/ha (ano 2)	80 ab	2,0 a	4,1 ef	0,06 a	2,3 bc	0,32 de	5,5 bc	2,7 bcd	33 cde
8t/ha (ano 2)	147 a	2,1 a	4,7 cd	0,05 a	3,2 ab	0,52 bcd	3,7 de	3,7 ab	50 ab
4t/ha (ano 3)	94 ab	2,0 a	4,8 bc	0,05 a	2,5 bc	0,64 abc	3,7 de	3,2 bc	46 abc
8t/ha (ano 3)	152 a	2,1 a	5,2 ab	0,04 a	4,0 a	0,92 a	3,3 e	4,9 a	59 a
MAP (sem calcio)	52 b	1,7 a	4,0 ef	0,06 a	0,8 d	0,34 de	6,2 ab	1,2 d	16 f
s/ micro (4t calc./ha)	118 ab	1,8 a	5,2 a	0,06 a	3,2 ab	0,74 ab	2,9 e	3,9 ab	58 a
DMS 5% (Tukey)	76,5	0,6	0,41	0,05	1,32	0,28	1,37	1,58	14,6
C.V. (%)	35,9	14,1	4,3	42,4	23,8	27,7	13,2	23,7	16,8

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 17. Resultados de análise de solo, na profundidade de 20 a 40 cm, após colheitas da cenoura e da alface, em função da calagem efetuada no ano 1, no ano 2 (efeito residual) e da calagem efetuada no ano 3 do experimento.

Doses de calcário	P µg/cc	M.O. %	pH (CaCl ₂)	meq/100 cc solo					T	V %
				K	Ca	Mg	H + Al	S		
sem calcário	70 a	1,8 a	3,9 d	0,09 a	1,8 cd	0,22 c	7,8 a	2,1 cd	9,9 a	21 ef
2t/ha (ano 1)	56 a	1,8 a	4,0 d	0,09 a	1,9 abc	0,22 c	6,8 ab	2,3 cd	9,1 ab	25 def
4t/ha (ano 1)	77 a	1,7 a	4,1 cd	0,07 a	2,3 abc	0,28 c	5,6 bcd	2,7 bc	8,2 bc	32 cd
6t/ha (ano 1)	142 a	1,8 a	4,1 cd	0,08 a	2,3 abc	0,32 bc	5,6 bcd	2,7 bc	8,3 abc	32 cd
8t/ha (ano 1)	77 a	1,9 a	4,2 cd	0,06 a	2,3 abc	0,36 bc	5,4 bcd	2,8 bc	8,2 bc	33 cd
4t/ha (ano 2)	67 a	1,7 a	4,1 cd	0,06 a	2,2 bc	0,30 bc	5,7 bc	2,5 bc	8,2 bc	31 cde
8t/ha (ano 2)	68 a	1,8 a	4,4 bc	0,07 a	2,4 abc	0,44 b	4,4 cde	2,9 bc	7,3 c	39 bc
4t/ha (ano 3)	84 a	2,0 a	4,5 b	0,08 a	2,7 ab	0,62 a	4,3 de	3,5 ab	7,7 bc	45 ab
8t/ha (ano 3)	109 a	2,0 a	4,9 a	0,08 a	3,1 a	0,76 a	3,8 e	4,0 a	7,8 bc	51 a
MAP (sem calcário)	60 a	1,9 a	4,0 a	0,07 a	1,0 d	0,32 bc	6,4 ab	1,4 d	7,8 bc	18 f
s/ micro (4t calc./ha)	137 a	2,0 a	5,1 a	0,07 a	3,2 a	0,68 a	3,5 e	3,9 a	7,4 c	53 a
DMS 5% (Tukey)	111	0,44	0,32	0,05	0,88	0,15	1,43	1,00	1,52	10,2
C.V. (%)	59,9	11,0	3,4	29,1	17,9	17,3	12,3	16,7	8,6	13,6

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

e) Observou-se que a dose de 8t do calcário por ha aplicada em ano anterior, proporcionou os mesmos efeitos de 4t de calcário por ha aplicado no ano subsequente, sobre os valores de pH, Ca, Mg, H+Al, S e V do solo nos anos 2 e 3 do experimento. O mesmo foi observado para as produções de cenoura e alface sugerindo-se ocorrer uma relação direta entre esses parâmetros (pH, Ca Mg, H + Al, S e V) e as produções cenoura e alface observadas.

f) Os decréscimos observados nos anos 2 e 3, para os valores de pH, Mg e V, decorrentes da calagem efetuada no ano 1 do experimento, ocorram em todos os níveis de calagem efetuada (0, 2, 4, 6 e 8t de calcário por ha). Os decréscimos nos valores de Ca menos acentuados podem ser atribuídos ao fornecimento deste nutriente através do superfosfato simples, nas adubações realizadas anteriores à cada plantio de cenoura e alface.

g) Os valores de pH, Mg, S e V do solo, decorrentes da calagem nas doses de 4 e 8t calcário por ha, aplicados em cada ano, sempre foram superiores aos valores de pH, Mg, S e V decorrentes do efeito residual das doses de 4 e 8t do calcário/ha aplicados nos anos anteriores.

h) Em todos os anos (com exceção do ano 2) o tratamento MAP (sem cálcio) proporcionou teores menores de Ca e V do solo, em relação ao tratamento sem calagem, acentuando-se tais diferenças no ano 3 do experimento.

i) O tratamento "sem micro", com 4t de calcário por ha, comparado ao tratamento contendo micronutrientes e mesma dose de calcário, proporcionou em todos os anos agrícolas resultados de análise de solo semelhantes.

j) Os valores de pH, cálcio, magnésio, hidrogênio + alumínio, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação por bases na profundidade de 20 a 40cm (tabela 17) foram semelhantes aos valores observados na profundidade de 0 a 20cm (tabela 16), no ano 3 do experimento.

As figuras 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, e 26 mostram os gráficos e equações de regressão para o pH, Ca, Mg, S (soma de bases) H+Al e V (saturação por bases) do solo, após as colheitas das hortaliças. Considerando-se que a dose de 8t de calcário por ha, aproximou-se das máximas produtividades de cenoura e da alface, nos 3 anos agrícolas, são discutidos a seguir, os efeitos dessa quantidade de calcário (8t/ha), nas propriedades químicas do solo, tanto o efeito em cada ano, como o efeito residual nos anos posteriores.

a) O pH (CaCl_2) do solo, após a colheita das hortaliças conforme aplicação de 8t de calcário por ha, nos anos 1, 2, 3 do experimento, foi, respectivamente 5,6; 5,2; e 5,2; em relação ao pH de 6,0 antes do plantio no ano 1 (fig 15). O efeito residual de 8t de calcário por ha, proporcionou pH de 4,8 e 4,3 nos anos 2 e 3 do experimento, respectivamente (fig 16).

FIGURA 15 pH DO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRÍCOLAS

FIGURA 16 pH DO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL NOS ANOS 2 E 3

FIGURA 17 CÁLCIO NO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRÍCOLAS

FIGURA 18 CÁLCIO NO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL NOS ANOS 2 E 3

Mg (meq/100 cc solo)

valores determinados após colheita (val.= valores; obs.=observados; est.=estimados)

· val. obs. ano 1 — val. est. ano 1 * val. obs. ano 2 — val. est. ano 2

x val. obs. ano 3 — val. est. ano 3 — Mg antes plantio

FIGURA 19. MAGNÉSIO NO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRÍCOLAS

b) Os teores de cálcio do solo, após a colheita das hortaliças, conforme aplicação de 8t de calcário por ha, nos anos 1, 2, e 3 do experimento foram respectivamente 4,9; 3,6; e 3,8 meq de Ca^{++} em relação ao teor de 5,1 meq de Ca^{++} (em 100cc de solo) antes do plantio no ano 1 (fig 17). O efeito residual de 8t de calcário por ha, proporcionou teores de calcio de 2,8 e 2,8 meq de Ca^{++} (em 100cc de solo), nos anos 2 e 3 do experimento, respectivamente (fig.18)

c) Os teores de magnésio do solo após a colheita das hortaliças, conforme aplicação de 8t de calcário por ha, nos anos 1, 2 e 3 do experimento foram respectivamente 1,3; 1,0 e 0,9 meq de Mg^{++} em relação ao teor de 1,7 meq de Mg^{++} (em 100cc de solo) antes do plantio no ano 1 (fig. 19). O efeito residual de 8t de calcário por ha, proporcionou teores de magnésio de 0,5 e 0,3 meq de Mg^{++} (em 100 cc de solo) nos anos 2 e 3 do experimento respectivamente (fig. 20).

d) As somas de bases trocáveis (S) do solo após a colheita das hortaliças, conforme aplicação de 8t de calcário por ha, nos anos 1, 2 e 3 do experimento, foram, respectivamente, 6,3; 4,7 e 4,8 meq, em relação à 7,4 meq (em 100cc de solo) antes do plantio no ano 1 (fig. 21). O efeito residual de 8t de calcário por ha, proporcionou 3,3 meq e 3,2 meq de bases trocáveis (em 100cc de solo), nos anos 2 e 3 do experimento respectivamente (fig. 22).

e) Os teores de hidrogênio + alumínio do solo após as colheitas de hortaliças, conforme aplicação de 8t de calcário por ha, nos anos 1, 2 e 3 do experimento, foram respectivamente, 2,0; 2,8 e 2,8 meq de $H^+ + Al^{+++}$ em relação aos teores de 1,7 meq de $H^+ + Al^{+++}$ (em 100cc de solo) antes do plantio no ano 1 (fig. 23). O efeito residual de 8t de calcário por ha, acarretou 3,5 e 4,7 meq de $H^+ + Al^{+++}$ (em 100cc de solo), nos anos 2 e 3 do experimento, respectivamente (fig. 24).

f) As saturações por bases (V) do solo, após a colheita das hortaliças, conforme aplicação de 8t de calcário por ha, nos anos 1, 2 e 3 do experimento, foram respectivamente 76%, 62% e 61%, em relação a saturação por bases de 81% antes do plantio no ano 1 (fig. 25). O efeito residual de 8t de calcário por ha proporcionou saturação por bases de 48% e 41%, nos anos 2 e 3 do experimento, respectivamente (fig. 26).

Os decréscimos, durante o experimento, nos valores de pH, calcário, magnésio e saturação por bases, após a calagem efetuada no ano 1, foram superiores aos observados por RAIJ *et al* (1982) e NATALE & COUTINHO (1994), em trabalhos sobre o efeito residual da calagem em culturas anuais.

A acidificação intensa do solo observado neste experimento, pode ser atribuída a extração de cátions pela cultura, lixiviação de bases (Ca, Mg, K) pela chuva e

DOSES DE CALCÁRIO (t/ha)

valores determinados após colheita (val.=valores; obs.=observados; est.=estimados)

• val. obs. ano 1 — val. est. ano 1 * val. obs. ano 2 — val. est. ano 2

x val. obs. ano 3 — val. est. ano 3 — Mg antes plantio

FIGURA 20 MAGNÉSIO NO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL DOS ANOS 2 E 3

Valores determinados após colheita (val.= valores; obs.=observados; est.=estimados)

val. obs. ano 1 —+— val. est. ano 1 * val. obs. ano 2 —•— val. est. ano 2

x val. obs. ano 3 —•— val. est. ano 3 —•— 5 antes plantio

FIGURA 21 S. DE BASES DO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRÍCOLAS

DOSES DE CALCÁRIO (t/ha)

Valores determinados após colheita (val.=valores; obs.=observados; est.=estimados)

• val. obs. ano 1 — val. est. ano 1 * val. obs. ano 2 — val. est. ano 2

• val. obs. ano 3 — val. est. ano 3 — antes plantio

FIGURA 22 S. DE BASES DO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL NOS ANOS 2 E 3

Y H + Al (meq/100 cc solo)

DOSES DE CALCÁRIO (t/ha)

valores determinados após colheita (val.=valores; obs.=observados; est.=estimados)

* Val. obs. ano 1 Val. est. ano 1 * Val. obs. ano 2 Val. est. ano 2

x Val. obs. ano 3 Val. est. ano 3 x H+Al antes plantio

FIGURA 23 H + Al NO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRICOLAS

FIGURA 24 H + Al NO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL NOS ANOS 2 E 3

FIGURA 25 SAT. BASES DO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO DA APLICAÇÃO EM 3 ANOS AGRICOLAS

Valores determinados após colheita (val.=valores; obs.=observados; est.=estimados)

• val. obs. ano 1 — val. est. ano 1 * val. obs. ano 2 — val. est. ano 2

x val. obs. ano 3 — val. est. ano 3 — 1/4 antes plantio

FIGURA 26 SAT. BASES DO SOLO EM FUNÇÃO DA CALAGEM
EFEITO NO ANO E RESIDUAL NOS ANOS 2 E 3

irrigação, a exemplo do relatado por LEES (1982) e MAHLER (1982), bem como à utilização de nitrogênio, principalmente na forma amoniacal. MORAES et al. (1979) verificaram em cafezais instalados em 3 regiões do Estado de São Paulo, decréscimos no pH de 6,0 para 4,5, onde foram utilizadas doses de 200kg de N por ha, tendo como fontes o sulfato de amônio, a uréia e o nitato de amônio. No presente trabalho, foram aplicados 100kg de N por ha para a cenoura e 100kg de N por ha para a alface, tendo o sulfato de amônio, como fonte de N. Outro fator indireto de acidificação é a utilização de doses altas de cloreto de potássio, devendo-se segundo LEES (1982) às características intrínsecas desse fertilizante. Neste trabalho, foram utilizados 300kg de K₂O por ha para a cenoura e 240kg de K₂O por ha para a alface, por ano, tendo como fonte o cloreto de potássio.

Os decréscimos nos teores de cálcio do solo no decorrer do experimento, não foram tão acentuados, como aqueles aqueles relatados em outros trabalhos, devido ao fornecimento desse nutriente pelo superfosfato simples esterco de galinha aplicados anteriormente ao plantio de cada hortaliça.

As perdas de magnésio nos 3 anos do experimento foram de 0,42; 0,58; 0,54; 1,28 e 1,34 meq de Mg (100cc de solo) para 0, 2, 4, e 8 t de calcário aplicado no ano 1, sendo superiores em relação às perdas observadas por RAIj et al (1982) utilizando doses similares de calcário (0, 3, 6 e

9 t/ha), aplicados anteriormente ao milho não irrigado. Segundo esse autor, as perdas de magnésio do solo para os teores mais altos são proporcionalmente maiores que as perdas de cálcio.

Os decréscimos nos valores de saturação por bases (V) foram mais intensos entre o ano 1 e o ano 2 do experimento, devendo-se provavelmente, à maior produtividade da cenoura e maior quantidade de chuva no período entre a calagem e as colheitas de cenoura e alface.

O decréscimo acentuado nos valores de saturação por bases no decorrer do experimento, pode ser também devido à granulometria fina do calcário, que embora tenha proporcionado uma correção rápida da acidez do solo, mostrou menor efeito residual, o que também foi verificado por NATALE & COUTINHO(1994), após 18 meses da aplicação de calcário e 3 cultivos de soja.

4.6. Efeito da calagem nos teores de macro e micronutrientes nas folhas e raízes de cenoura.

4.6.1. Resultados de análise de folhas e raízes de cenoura no ano 1 do experimento.

Os resultados de análise de macro e micronutrientes em folhas e raízes da cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 são apresentados nas tabelas 18, 15, 20 e 21.

Observando-se os resultados conclue-se que:

a) As doses de calcário aplicados no solo afetaram os teores de cálcio e magnésio, tanto nas folhas como nas raízes de cenoura. Os maiores teores nas folhas de Ca (2,5% e 2,9%) e de Mg (0,71 e 0,79%) para as doses de 4 a 6t de calcário por ha (tabela 18) corresponderam as maiores produtividades de cenoura no ano 1 (tabela 5).

b) Observou-se decréscimos nos teores de zinco nas folhas de cenoura conforme o aumento nas doses de calcário aplicadas, bem, como uma tendência à decréscimos nos teores de manganês (tabela 19).

c) No tratamento sem micro (4t calc./ha) observou-se teor de $18\mu\text{g}$ de Zn (por g de mat. seca), praticamente a metade do valor de $30\mu\text{g}$ Zn encontrado nas folhas de cenoura do tratamento equivalente (4t de calc./ha), contendo micronutrientes (tabela 19).

d) Verificou-se maior teor de cálcio nas raízes de cenoura no tratamento com 6 t de calcário por ha, não ocorrendo diferenças nos teores de magnésio nas raízes, conforme as doses de calcário aplicadas (tabela 20).

e) Observou-se $19\mu\text{g}$ de Zn (por g de mat. seca) nas raízes de cenoura, no tratamento sem micro (4 t calc./ha) em relação ao teor de $33\mu\text{g}$ de Zn, no tratamento com 4 t de calc. por ha, contendo micronutrientes (tabela 21).

f) Na dose de 6 t de calcário por ha, foram produzidas 9.900 g de raízes em $1,728\text{m}^2$, correspondendo à 57,3 t por ha

(tabela 5). Considerando-se 11% a umidade média da raiz, chega-se à 6,3 t de matéria seca em raízes. Estima-se a seguinte extração de nutrientes, pelas raízes, por ha: 88Kg de N; 13 Kg de P; 117 Kg de K; 38 Kg de Ca; 13 Kg de Mg; 9 Kg de S; 825 g de Fe; 151 g de Mn; 18 g de Cu; 145 g de Zn e 120 g de B.

4.6.2. Resultados de análise de folhas de cenoura no ano 1 (efeito residual do calcário) e no ano 2 do experimento

As tabelas 22 e 23 mostram o efeito residual da aplicação no ano 1, de 4 e 8 t de calcário por ha, sobre os teores de macro e micronutrientes nas folhas de cenoura, 78 dias após germinação.

As tabelas 24 e 25 mostram o efeito da aplicação de 4 e 8 t de calcário por ha, no ano 2 do experimento, sobre os teores de macro e micronutrientes nas folhas de cenoura, aos 78 dias após a germinação.

Da análise dessas tabelas conclue-se que:

a) Ocorreu efeito residual de 8t de calcário por ha, nos teores de cálcio e magnésio nas folhas de cenoura coletadas no ano 2 do experimentos (3,40% de Ca e 0,61% de Mg, na matéria seca).

TABELA 18. Resultados de análise de macronutrientes em folhas de cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.

Doses de calcário	teores de macronutrientes nas folhas					
	% da matéria seca					
	N	P	K	Ca	Mg	S
sem calagem	2,08 a	0,19 a	6,49 a	2,35 b	0,57 abcd	0,89 ab
2t/ha	2,00 a	0,16 a	5,39 ab	2,55 ab	0,56 bcd	0,86 ab
4t/ha	1,84 a	0,16 a	4,58 ab	2,51 ab	0,71 ab	0,53 b
6t/ha	2,03 a	0,15 a	4,62 ab	2,87 ab	0,79 a	0,55 b
8t/ha	1,83 a	0,15 a	4,96 ab	2,69 ab	0,55 bcd	0,65 ab
sem calagem	1,86 a	0,15 a	4,18 b	2,01 b	0,40 d	0,91 ab
sem calagem	1,90 a	0,17 a	4,55 ab	1,92 b	0,36 d	0,82 ab
sem calagem	2,24 a	0,16 a	4,39 ab	1,99 b	0,41 cd	0,77 ab
sem calagem	2,04 a	0,14 a	5,74 ab	2,76 ab	0,49 bcd	1,19 a
MAP (sem cálcio)	2,14 a	0,17 a	6,54 a	2,23 b	0,44 cd	1,05 ab
s/micro (4t cálc./ha)	1,77 a	0,15 a	4,91 ab	3,46 a	0,63 abc	0,96 ab
D.M.S. 5% (Tukey)	0,55	0,04	2,29	0,96	0,21	0,58
C.V. (%)	13,0	12,9	20,8	17,8	18,9	32,5

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 19. Resultados de análise de micronutrientes em folhas de cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.

Doses de calcário	teores de micronutrientes nas folhas				
	$\mu\text{g/g}$ da matéria seca				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B
sem calagem	321 ab	150 a	3,1 a	41 abc	43 bc
2t/ha	259 b	138 a	4,9 a	35 abcd	42 bc
4t/ha	243 b	112 a	4,2 a	30 bcd	39 bc
6t/ha	678 a	118 a	7,3 a	26 cd	45 abc
8t/ha	297 b	98 a	5,8 a	19 d	44 bc
sem calagem	276 b	140 a	4,9 a	37 abc	37 bc
sem calagem	291 b	196 a	6,2 a	44 ab	36 c
sem calagem	358 ab	153 a	5,7 a	43 abc	44 bc
sem calagem	484 ab	162 a	4,5 a	44 abc	55 a
MAP (sem cálculo)	198 b	185 a	6,4 a	48 a	47 ab
s/micro (4t cálc./ha)	220 b	112 a	5,7 a	18 d	41 bc
D.M.S. 5% (Tukey)	361	110	5,0	17,7	9,7
C.V. (%)	50,7	35,8	44,0	23,5	10,5

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 20. Resultados de análise de macronutrientes em raízes de cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.

Doses de calcário	teores de macronutrientes nas raízes					
	% da matéria seca					
	N	P	K	Ca	Mg	S
sem calagem	1,24 a	0,21 a	2,60 abc	0,36 b	0,17 b	0,15 a
2t/ha	1,06 a	0,22 a	2,33 abc	0,37 b	0,16 b	0,13 a
4t/ha	1,16 a	0,21 a	1,87 c	0,39 b	0,19 b	0,13 a
6t/ha	1,40 a	0,20 a	1,86 c	0,60 a	0,20 b	0,15 a
8t/ha	1,07 a	0,21 a	1,56 c	0,46 ab	0,20 b	0,16 a
sem calagem	1,17 a	0,22 a	2,00 bc	0,39 b	0,17 b	0,15 a
sem calagem	1,05 a	0,20 a	2,58 abc	0,38 b	0,17 b	0,14 a
sem calagem	1,24 a	0,20 a	2,28 abc	0,39 b	0,18 b	0,15 a
sem calagem	1,19 a	0,21 a	2,72 abc	0,37 b	0,18 b	0,15 a
MAP (sem cálcio)	1,34 a	0,25 a	3,12 ab	0,43 ab	0,22 ab	0,16 a
s/micro (4t cálc./ha)	1,28 a	0,24 a	3,43 a	0,60 a	0,28 a	0,16 a
D.M.S. 5% (Tukey)	0,37	0,05	1,20	0,18	0,08	0,03
C.V. (%)	14,3	11,1	23,3	22,6	18,8	10,4

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 21. Resultados de análise de micronutrientes em raízes de cenoura, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.

Doses de calcário	teores de micronutrientes nas raízes				
	µg/g da matéria seca				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B
sem calagem	112 a	35 ab	2,0 ab	27 abc	23 abc
2t/ha	103 a	28 b	1,8 ab	22 bc	23 abc
4t/ha	120 a	24 b	2,2 ab	33 a	21 bc
6t/ha	131 a	24 b	2,9 ab	23 bc	19 bc
8t/ha	145 a	22 b	1,1 b	22 bc	23 abc
sem calagem	161 a	31 ab	1,1 b	27 abc	23 abc
sem calagem	116 a	26 b	2,0 ab	29 ab	21 abc
sem calagem	104 a	26 b	1,8 ab	27 abc	17 c
sem calagem	130 a	30 ab	3,6 ab	25 abc	29 a
MAP (sem cálcio)	132 a	44 a	5,8 a	30 ab	27 ab
s/micro (4t cálc./ha)	136 a	24 b	3,6 ab	19 c	22 abc
D.M.S. 5% (Tukey)	105	16	4,1	8,6	8,1
C.V. (%)	38,6	26,0	74,9	15,4	16,6

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 22. Resultados de análise de macronutrientes em folhas de cenoura, no ano 2, mostrando o efeito residual de doses de calcário aplicadas no ano anterior (ano 1).^{a/}

Doses de calcário	teores de macronutrientes nas folhas				
	% da matéria seca				
	N	P	K	Ca	Mg S
sem calcário	2,94 b	0,30 a	5,72 a	2,51 b	0,37 b 0,49 a
4t/ha (ano 1)	3,29 ab	0,29 a	6,12 a	2,93 ab	0,50 ab 0,56 a
8t/ha (ano 1)	3,36 a	0,31 a	6,74 a	3,40 a	0,61 a 0,56 a
D.M.S. 5% (Tukey)	0,40	0,03	1,37	0,82	0,13 0,18
C.V. (%)	6,9	6,3	12,3	15,3	15,1 18,4

^{a/}Folhas coletadas aos 78 dias após a germinação

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 23. Resultados de análise de micronutrientes em folhas de cenoura, no ano 2, mostrando o efeito residual de doses de calcário aplicadas no ano anterior (ano 1).^{a/}

Doses de calcário	teores de micronutrientes nas folhas				
	µg/g da matéria seca				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B
sem calagem	353 ab	171 a	4,6 a	72 a	56 a
4t/ha (ano 1)	425 a	144 ab	5,0 a	56 b	53 a
8t/ha (ano 1)	330 b	101 b	6,6 a	34 c	55 a
D.M.S. 5% (Tukey)	89	61	4,3	15	3
C.V. (%)	13,4	24,5	44,5	15,1	3,4

^{a/}Folhas coletadas aos 78 dias após a germinação

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 24. Resultados de análise de macronutrientes em folhas de cenoura, conforme doses de calcário aplicadas no próprio ano 2 do experimento (efeito no ano).^{a/}

Doses de calcário	teores de macronutrientes nas folhas					
	% da matéria seca					
	N	P	K	Ca	Mg	S
sem calcário	2,94 a	0,30 a	5,72 a	2,51 b	0,37 b	0,49 a
4t/ha (ano 2)	3,21 a	0,28 a	7,90 a	3,71 a	0,64 a	0,58 a
8t/ha (ano 2)	3,17 a	0,27 a	7,43 a	3,90 a	0,63 a	0,51 a
D.M.S. 5% (Tukey)	0,51	0,05	1,64	0,85	0,15	0,12
C.V. (%)	9,1	10,2	13,0	13,9	15,0	12,1

^{a/}Folhas coletadas aos 78 dias após a germinação

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 25. Resultados de análise de micronutrientes em folhas de cenoura, conforme doses de calcário aplicadas no próprio ano 2 do experimento (efeito no ano). ^{a/}

Doses de calcário	teores de micronutrientes nas folhas				
	$\mu\text{g/g}$ da matéria seca				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B
sem calagem	353 a	171 a	4,6 a	72 a	56 a
4t/ha	331 a	102 b	6,6 a	37 b	56 a
8t/ha	398 a	89 b	3,0 a	26 b	61 a
D.M.S. 5% (Tukey)	166	46	4,4	13	7
C.V. (%)	25,5	21,2	51,8	16,4	6,5

^{a/}Folhas coletadas aos 78 dias após a germinação

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

b) Ocorreu efeito residual das doses de 4 e 8 t de calcário por ha, reduzindo os teores de zinco e manganês nas folhas de cenoura, coletadas no ano 2 do experimento.

c) Verificou-se o efeito da calagem aplicada no ano 2 do experimento, sobre os teores de cálcio e magnésio nas folhas de cenoura, coletadas no próprio ano da aplicação de calcário (3,7% e 3,9% de Ca e 0,64% e 0,63% de Mg na matéria seca, para as doses de 4 e 8 t de calcário por ha, respectivamente).

d) Verificou-se o efeito de 4 e 8 t de calcário aplicados no ano 2 ocasionando descrêscimos nos teores de manganês e zinco nas folhas de cenoura, coletadas no próprio ano da aplicação do calcário.

Os teores de cálcio e magnésio nas folhas (ano 1 e 2) e raízes (ano 1) de cenoura, corresponderam aos aumentos de produção observados bem como aos níveis de cálcio e magnésio no solo após as aplicações de calcário.

Os teores de cálcio entre 2,5% e 3,9% da matéria seca, observados, nas folhas de cenoura, nos anos 1 e 2 para as melhores produções, foram superiores a aqueles encontrados por outros autores (HAAG E HOMA, 1981; PIGGOTT, 1988 e JONES JR. *et al*, 1991). Os teores de cálcio nas raízes para as maiores produtividades entre 0,39 e 0,60% de Ca matéria seca, aproximam-se dos valores obtidos por HAAG E HOMA (1981) e são superiores aos obtidos por PIGGOTT (1988).

Os teores adequados de magnésio nas folhas entre 0,61% e 0,79% (da matéria seca) e de 0,20% de Mg nas raízes são também superiores aos encontrados por HAAG e HOMA (1981) e PIGGOTT (1988).

Os decréscimos nos teores de manganês e zinco nas folhas de cenoura, conforme a elevação do pH do solo, através da calagem, são semelhantes aos encontrados por HEMPHILL et al (1982).

Os teores de manganês no solo, de 5,17 μg (por cm^3 de solo) antes da calagem foi considerado por TRANI & DRUGOWICH (1989) como "baixo à muito baixo", sendo aplicados 5kg de sulfato de manganês por ha, nos 3 anos do experimento. Observou-se que tais aplicações supriram essa deficiência, em todos os tratamentos com calagem, onde as concentrações de manganês das folhas situaram-se dentro da faixa adequada de 40 a 100 μg por g de solo (PIGGOTT, 1988), ou 50 a 200 μg por g de solo (JONES JR.,1991).

O teor de zinco de 1,1 μg por cm^3 de solo, antes da calagem, classifica-se como "baixo à médio", segundo TRANI & DRUGOWICH (1989). As aplicações de 10 kg de sulfato de zinco por ha, nos 3 anos do experimento supriram essa deficiência, pois os teores de Zn nas folhas de cenoura mesmo decrescendo, situaram-se dentro das faixas adequadas, com exceção do teor de Zn (26 μg) decorrente da dose de 8t de calcário por ha, que se aproximou dos níveis críticos de 18 μg

ou 20 μ g (por g de matéria seca) citados por PIGGOTT (1988) e JONES JR. (1991), respectivamente.

As quantidades extraídas pelas raízes de cenoura de N, P e Mg foram semelhantes a aquelas obtidas por AVELAR *et al* (1975). As quantidades extraídas de K e Ca foram praticamente o dobro daquelas obtidas pelos autores acima citados.

4.7. Efeito da calagem nos teores de macro e micronutrientes em folhas de alface.

Os resultados de análise de macro e micronutrientes em folhas de alface, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário, encontram-se nas tabelas 26 e 27.

Da análise dos resultados conclue-se que:

a) As doses de calcário afetaram os teores de cálcio e magnésio nas folhas de alface sendo que os maiores de Ca (1,95% e 2,34%) e Mg (0,50% e 0,53%) para as doses de 6 e 8t de calcário por ha (tabela 26) corresponderam às maiores produções de alface (tabela 9).

b) Observou-se também que o acréscimo nos teores de cálcio e magnésio nas folhas de alface para as doses de 0, 2, 4, 6 e 8t de calcário por ha, correspondeu ao acréscimo dos teores de cálcio e magnésio no solo, conforme tabela 13.

c) Ocorreram decréscimos nos teores de manganês, zinco e boro nas folhas de alface a partir da calagem (tabela 27) verificando-se diferença significativa entre os tratamentos "sem calcário" e os demais tratamentos.

d) Observou-se maiores teores de manganês e zinco nas folhas de alface, decorrente do tratamento "MAP (sem cálcio)" em relação ao tratamento "sem calcário" e demais tratamentos.

e) Na dose de 8t de calcário por ha no ano 1, foram produzidas cabeças de alface com 114,2g cada (tabela 9). Considerando-se a umidade média de 8% para a cabeça de alface e os teores de nutrientes apresentados nas tabelas 26 e 27, para a dose de 8t de calcário por ha, estima-se a seguinte extração de nutrientes por cabeça de alface: 268mg N; 44mg P; 500mg K; 214mg Ca; 48mg Mg; 15mg S; 3.718 μ g Fe; 594 μ g Mn; 62 μ g Cu; 375 μ g Zn e 320 μ g de B.

Considerando-se 20 plantas em area útil de 1,25 m², ou seja 160.000 plantas por ha, é possível estimar a seguinte extração de nutrientes por ha: 43Kg de N; 7Kg de P; 80Kg de K; 34Kg de Ca; 8Kg de Mg; 2,4Kg de S; 595g de Fe; 95g de Mn; 10g de Cu; 60g de Zn e 51g de B.

Os teores de cálcio mostrados na tabela 26, conforme a calagem feita, foram superiores aos encontrados por GARCIA et al (1982) e HEMPHILL & JACKSON (1982), devendo-se provavelmente à diferentes partes da planta coletadas, época de amostragem, além dos diferentes cultivares

utilizados. Os teores adequados citados por PIGGOTT (1988) de 1,4% a 2,0% de Ca, por SANCHES et al (1991) de 1,2% a 2,0% de Ca e citados por JONES JR. (1991) de 1,5% a 3,0% de Ca, aproximam-se dos teores de 1,95% e 2,34% encontrados neste trabalho, para aplicações de 6 e 8t de calcário por ha, correspondendo aos maiores pesos de alface alcançados.

Os teores de magnésio (tabela 26) encontrados neste trabalho de 0,50% e 0,53% de Mg, para as doses de 6 e 8t de calcário aplicados por ha, são pouco superiores aos citados por GARCIA et al (1982) 0,37% a 0,46% de Mg, aproximando-se, porém dos teores adequados citados por PIGGOTT (1988) de 0,55% a 0,60% de Mg e aqueles citados por JONES JR. (1991) de 0,4% a 0,8% de Mg, conforme o cultivar utilizado e tipo de folha amostrada.

Os teores de manganês (tabela 27) em todos os tratamentos foram considerados adequados para a alface, conforme PIGGOTT (1988), SANCHEZ et al (1991) e JONES JR. (1991), com exceção dos tratamentos "MAP (sem cálcio)" e "sem calagem" onde os teores de 399 μg e 214 μg de Mn por g de matéria seca, estariam próximos aos níveis tóxicos. Esse fato mostra a liberação do manganês do solo, através da acidificação deste por fertilizantes como o MAP, ou outros fatores já mencionados.

Os teores de zinco e boro situaram-se dentro da faixa adequada para a alface, segundo PIGGOTT (1988) e SANCHEZ et al (1991).

TABELA 26. Resultados de análise de macronutrientes em folhas de alface, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.

Doses de calcário	teores de macronutrientes nas folhas					
	% da matéria seca					
	N	P	K	Ca	Mg	S
sem calagem	3,57 a	0,48 b	5,44 a	1,54 b	0,33 c	0,19 a
2t/ha	3,34 ab	0,51 b	6,14 a	1,76 ab	0,35 bc	0,18 a
4t/ha	2,91 b	0,46 b	7,19 a	1,85 ab	0,41 abc	0,17 a
6t/ha	2,96 b	0,51 b	6,84 a	1,95 ab	0,50 ab	0,18 a
8t/ha	2,93 b	0,48 b	5,48 a	2,34 a	0,53 a	0,16 a
MAP (sem cálcio)	3,24 ab	0,52 b	8,02 a	1,53 b	0,35 bc	0,20 a
s/micro (4t cálc./ha)	3,10 ab	0,69 a	5,90 a	1,67 ab	0,37 abc	0,19 a
D.M.S. 5% (Tukey)	0,53	0,09	3,1	0,76	0,16	0,05
C.V. (%)	8,1	8,3	22,6	19,8	18,9	12,1

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 27. Resultados de análise de micronutrientes em folhas de alfaca, por ocasião da colheita no ano 1 do experimento, conforme diferentes doses de calcário.

Doses de calcário	teores de micronutrientes nas folhas				
	$\mu\text{g/g}$ da matéria seca				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B
sem calagem	689 a	214 b	6,4 a	78 b	50 a
2t/ha	620 a	117 c	6,6 a	54 c	42 ab
4t/ha	531 a	98 c	6,6 a	46 c	37 b
6t/ha	520 a	77 c	6,4 a	44 c	36 b
8t/ha	407 a	65 c	6,8 a	41 c	35 b
MAP (sem cálcio)	665 a	399 a	5,8 a	97 a	49 a
s/micro (4t cálc./ha)	772 a	107 c	5,6 a	43 c	44 ab
D.M.S. 5% (Tukey)	688	60	3,4	12,9	11,0
C.V. (%)	57,8	19,4	27,9	11,1	12,6

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As quantidades de cálcio e magnésio extraídas pela alface, decorrente da dose de 8t de calcário por ha, aplicada no ano 1 do experimento (antes da cenoura) são 50% e 37% superiores em relação às extrações de cálcio e magnésio obtidas por FERNÂNDES *et al* (1981), para o cultivar Vitória de Santo Antão. No entanto, a extração de cálcio pela alface neste trabalho foi de 33% superior a aquela obtida por GARCIA *et al* (1982) para o cultivar Brasil 48 e apenas 7% superior à extração de Ca pelo cultivar Clause's Aurélia. As extrações de magnésio pela alface em ambos os trabalhos foram equivalentes.

5. CONCLUSÕES

Os dados experimentais obtidos permitem as seguintes conclusões:

- a) verifica-se o efeito positivo da calagem sobre a produção e qualidade comercial (tipo) da cenoura nos 3 anos agrícolas. Verifica-se também, o efeito da calagem sobre a qualidade (peso e diâmetro) da alface, cultivada em sucessão à cenoura, nos 3 anos agrícolas.
- b) ocorre efeito residual do calcário aplicado no ano 1 do experimento sobre as produções de cenoura e de alface nos anos seguintes.
- c) não há efeito da calagem sobre a qualidade nutricional (teores de betacaroteno, açúcares totais, açúcares solúveis e matéria seca) de raízes de cenoura.
- d) nos 3 anos do experimento, as doses de calcário aplicadas no próprio ano sempre proporcionaram maiores produções de cenoura e alface, em relação ao efeito residual de doses equivalentes de calcário aplicadas em anos anteriores.

- e) o tratamento "sem cálcio", com o MAP (monoamônio-fosfato) substituindo o superfosfato simples não é satisfatório para as produções de cenoura e alface.
- f) o tratamento "sem micro", com a omissão dos micronutrientes B, Cu, Mn e Zn, proporciona produções menores de cenoura nos 3 anos do experimento.
- g) o aumento nas produções de cenoura e alface é correspondente aos acréscimos verificados nos valores de pH, cálcio, magnésio, soma de bases trocáveis e porcentagem de saturação por bases do solo.
- h) os valores de saturação por bases do solo, correspondentes às maiores produções de cenoura e alface nos 3 anos do experimento, situam-se entre 69% e 81%, para o tipo de solo estudado (PVd).
- i) os teores de cálcio e magnésio de cenoura, obtidos nos anos 1 e 2 do experimento, acompanham as doses de calcário utilizados e os valores apontados pela análise de solo.
- j) os teores foliares de cálcio e magnésio da alface, acompanham as doses de calcário utilizados e os valores apontados pela análise de solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, P. & WINSOR, G.W. Some responses of cucumbers and lettuce, grown in a peat substrate to phosphate and lime. **Acta horticulture**, Wageningen, **145**: 102-111. 1984.
- ADAMS, P.; GRAVES, C.J.; WINSOR, G.W. Some effects of micronutrients and liming on the yield, quality and micronutrient status of lettuce grown in beds of peat. **Journal of horticultural science**, Ashford, **61**(4): 515-521. 1986.
- ALCARDE, J.C. Características químicas - determinações do pH de soluções ou suspensões dos fertilizantes e corretivos. Relatório de aula prática, Piracicaba, ESALQ, 1990. 10p. (mimeografado).
- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo, ANDA, 1992, 26p. (Boletim técnico, 6).
- ALVES, S. & ARRUDA, H.V. Lixo fermentado pelo processo Verdier Grué na adubação da alface. **Bragantia**, Campinas, **19**(5):57-62, 1960.

- AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M.; FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cl de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, **29**(9): 1351-1358, 1994.
- ARAÚJO, M.T.; COÛTO, F.A.A. & VIEIRA, M. Efeito de doses e épocas de aplicação de calcário em hortaliças no cerrado. **Revista de Olericultura**, Fortaleza, **12**, p. 129, 1972 (Resumo).
- ASHCAR, S.A. & RIES, S.K. Lettuce tipburn as related to nutrient imbalance and nitrogen composition. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, **96**(4): 448-452, 1971.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis: vitamins and other nutrients**. Arlington, USA, Mike J Deutsch (ed.), 830-886. 1984.
- AVELAR, B.C.; SANS, L.M.A.; MENDES, J.F. Absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio pela cenoura (*Daucus carota*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Rio de Janeiro. **8**:209-212, 1973.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78).

- BRASIL, Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Vegetal (LANARV). **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília, 1983, 104p.
- CAMARGO, A.M.M.P.; CASER, D.V.; TAKAES, M.; CAMARGO FILHO, W.P. Estratégia de ação para produção orientada de hortaliças no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, **23**(11) 46-60, 1993.
- CAMARGO, A.P. de; RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; ROCHA, T.R. da; NAGAI, V.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivares de milho, seguidos de algodão e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, **17**(7): 1007-1012, 1982.
- CAMARGO, L.S. Influência do calcário na produção de cenoura. **Bragantia**, Campinas, **19**:35-40, 1960.
- CAMARGO, L.S. Adubação da cenoura. **O Agrônomo**, Campinas, **13**(7/8):10-11. 1961.
- CAMARGO, L.S. **As hortaliças e seu cultivo**. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1984. 448p.
- CAROLUS, R. Calcium relationships in vegetable nutrition and quality. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, **6**: 285-298, 1975.
- CASTRO, A.F.; BARRETO, W.O.; ANASTÁCIO, M.L.A. Correlação entre o pH e saturação de bases de alguns solos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro. **7**: 9-17. 1972.

- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, SP, **30**: 49-60, 1955.
- CHAPMAN, H.D. Fichas do agrônomo, 2. Fertilité, Paris, **27**: 75-91, 1966.
- COOLIER, G.F. & HUNTINGTON, V.C. The relationship between leaf growth, calcium accumulation and distribution, and tipburn development in field-grown butterhead lettuce. **Scientia horticulturae**, Amsterdam (21):123-128, 1983.
- COOPERATIVA AGRÍCOLA DE COTIA (Cooperativa Central). Norma de classificação da cenoura (*Daucus carota* L). São Paulo, 1989a, 6p (mimeografado).
- COOPERATIVA AGRÍCOLA DE COTIA (Cooperativa Central). Regulamento de avaliação de alface lisa (*Lactuca sativa* L.). São Paulo, 1989 b. 4p (mimeografado).
- CRESSWELL, G.C. Effect of lowering nutrient solution concentration at night of leaf calcium levels and the incidence of tipburn in lettuce (var. Gloria). **Journal of plant nutrition**, New York, **14**(9):913-924, 1991.
- DUBOIS, M.K.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K; RIBERS, P.A.; SMITH, T. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, Washington, **28**:350-356, 1956.

- FERNANDES, P.D.; OLIVEIRA, G.D.; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. XIV: absorção de macronutrientes pela cultura da alface. **O Solo**, Piracicaba, **28**: 7-10, 1971.
- FERNANDES, P.D.; OLIVEIRA, G.D.; HAAG, H.P. Extração de macronutrientes pela cenoura cultivada em condições de campo. In: HAAG, H.P. & MINAMI, K. (coord.). **Nutrição mineral em hortaliças**. Campinas, Fundação Cargill, 1981. p. 313-325.
- FERREIRA, C.R.R.P.T. & SANTOS, Z.A.P.S. Caracterização do setor de calcário agrícola no Brasil. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, **39**(1): 57-82, 1992.
- GARCIA, L.L.C.; HAAG, H.P.; MINAMI, K.; DECHEN, A.R. Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurelia. **Anais da ESALQ**, Piracicaba (SP) **39**: 455-483, 1982.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. Piracicaba, ESALQ, 1985. 466p.
- GOMES, F.P. & CONAGIN, A. Experimentos de adubação: planejamento e análise estatística. 2. Simpósio de estatística aplicada à experimentação agrícola. Universidade Estadual (UEL). Londrina, 1987. 102p.
- HAAG, H.P. & HOMA, P. Deficiências de macronutrientes em cenoura, In: HAAG, H.P. & MINAMI, K. Coord. **Nutrição mineral em hortaliças**. Campinas, Fundação Cargill, 1981.p.301-312.

- HAMERSCHMIDT, I. Produção de hortaliças e assistência técnica no Brasil. **Horticultura brasileira**, Brasília 11(2): 156-158, 1993.
- HAWORTH, F; CLEAVER, T.J.; BRAY, J.M. The effects of different manurial treatments on yield and mineral composition of carrots. **Journal of horticultural science**, London, (41):299-310, 1966.
- HEMPHILL, JR. D.D. & JACKSON, T.L. Effect of soil acidity and nitrogen on yield and elemental concentration of bush bean, carrot and lettuce. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, 107(5):740-744, 1982.
- HIROCE, R. Composição mineral das folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* 'Mundo Novo') com referência à época e à adubação. Piracicaba. 1972. 76p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP).
- IFA (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION): **World fertilizer use manual**. Weinheim (Germany), 1992. 627p.
- JONES JR. J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook**: appendix 1. table of interpretative values: vegetables. Athens, 1991. p.177-187.
- KATAYAMA. M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS. Jaboticabal, 1990. **Anais**. Piracicaba, POTAFÓS, 1993. p. 141-148, 480p.

- KE, D. & SALTVEIT JR., M.E. Effects of calcium and auxin on russet spotting and phenylalanine ammonialyase activity in 'Iceberg' lettuce, *HortScience*, Alexandria, 21(5): 1169-1171, 1986.
- LASKE, P. Abonamiento de las hortalizas. *Boletin Verde*, Hannover, 16:1-51, 1962.
- LAUGHLIN, W.M.; SMITH, G.R.; PETERS, M.A. Effect of lime and four phosphorous rates on yield of head lettuce, table beets and carrots at Pt. MacKenzie. *Agroborealis*, Palmer (Alaska), 19(1):34-38, 1987.
- LEES, P. Corrija la acidez del suelo! *Agricultura de las Americas*, New York, 1982. p. 16-22.
- LORENZ, O. A. & MAYNARD, D.N. *Knott's handbook for vegetable growers*. 3. ed. New York, John Wiley, 1988. 456p.
- MAYNARD, D.N.; GERSTEN, B.; YOUNG, R.E.; VERNELL, H.F. The influence of plant maturity and calcium level on the occurrence of cavity spot. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Geneva, 83: 506-510, 1963.
- MICHALIK, H. Effect of fertilization with macro and micronutrients in the content of dry matter, sugar and betacarotene in carrot. *Biuletyn Warzyniczny*, Skierniewice, 28:141-163, 1985.
- MIRANDA, L.N. Resposta da sucessão soja-trigo a doses e modos de aplicação de calcário em solo Glei pouco húmico. *R. bras. Ci. Solo.*, Campinas, 17(1):75-82, 1993.

- MORAES, F.R.P.; GALLO, J.R.; IGUE, T.; FIGUEIREDO, J.I. Efeito de três fertilizantes sobre a concentração de alumínio e de manganês em folhas e raízes de cafeeiros. **Bragantia**, Campinas, **38**:7-17, 1975.
- NATALE, W. & COUTINHO, E.L.M. Avaliação da eficiência agromômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. **R. Bras. Ci.solo**. Campinas, **18**(1): 55-62, 1994.
- NICOLAUD, B.A.L.; MEURER, E.J. & ANGHINONI, I. Rendimento e absorção de nutrientes por alface em função de calagem e adubação mineral e orgânica em solo "areia quartzosa hidromórfica". **Horticultura brasileira**, Brasília, **8** (2): 6-9, 1990.
- PATERSON, J.W. Liming and fertilizing lettuce profitably. **Better crops with plant food**, Atlanta, **63**:4-6, 1979.
- PLANCK, C. O. **Soil test handbook for Georgia**. Athens, Cooperative Extension Service, 1989. 316p.
- PIGGOTT, T.J. Vegetable crops. In: REUTER, D.J. & ROBINSON, J.B. eds. **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne, Inkata Press, 1988.p. 150-187.
- QUAGGIO, J.A. Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1983a 76p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"/USP).
- QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem em solos p.33-48. In: RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C. & SILVA, N.M. (Coord.) **Acidez e calagem no Brasil**. Campinas, Soc. Bras. Ciência do Solo, 1983b. 361p.

- QUAGGIO, J.A. Reação do solo e seu controle. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1. Piracicaba, 1986. **Anais**. Campinas, Fundação Cargill, 1986, p. 53-89.
- RAIJ, B. van & SACCHETTO, M.T.D. Correlações entre o pH e o grau de saturação de bases nos solos com horizonte B textural e B latossólico. **Bragantia**, Campinas, 27:193-200, 1968.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 6:33-37, 1982.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 31 p. (Boletim técnico, 81).
- RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P.; CANTARELLA, H.; SILVA, N.M. Alumínio trocável e saturação em bases como critério para recomendação de calagem. **Bragantia**, Campinas, 42:149-156, 1983.
- RALEIGH, G.J. Effect of manures, nitrogen compounds and growth promoting substances on the production of branch roots of carrots. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci**, Geneva, 41: 347-352, 1942.
- ROSTON, J.J. Efeito do cobre na fertilização da alface em solo turfoso. Secretaria da Agricultura, Casa da Agricultura de Itaquaquecetuba (SP). 1969. 5p. (mimeografado).
- ROTTA, C.L.; JORGE, J.A.; OLIVEIRA, J.B.; KÜPPER, A. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul, SP. **Bragantia**, Campinas, 30(20):215-276, 1971.

- SANCHEZ, C.A.; SNYDER, G.H.; BURDINE, H.W. DRIS evaluation of the nutritional status of crisphead lettuce. **HortScience**, Alexandria, **26**(3): 274-276, 1991.
- SANCHEZ CONDE, M.P. Estudio de la variación de la composición de la lechuga (*Lactuca sativa*) durante su cultivo. **Anales de edafología y agrobiología**, Madrid, **43**(1/2):327-333, 1984.
- SÃO PAULO, Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Instituto de Economia Agrícola, Prognóstico agrícola 1994/95, 3.1: Calcário. In: **Informações Econômicas**, São Paulo, **24**(9) :16-17. 1994.
- SCAIFE, A. & TURNER, M. Diagnosis of mineral disorders in plants. In: ROBINSON, J. B. D., ed. **Vegetables**. London, University of Bristol, 1983. V.2. 95p.
- SCIVITTARO, W.B; BÜLL. L.T.; NAKAGAWA, J. & BOARETTO, A.E. Influência da saturação em bases e de relações Ca: Mg do solo sobre a absorção de nutrientes e produção de raízes na cultura da cenoura. In. 20. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Piracicaba, 1992. **Anais**. p.212-214. 445p.
- SHOEMAKER, J.S. **Vegetable growing**. 2. ed. New York, John Wiley, 1953. 515p.
- SHORROCKS, V.M. **Boron: its prevention and cure**. London, Borax House, 1984. 43p.

- SONNEVELD, C. & MOOK, E. Lettuce tipburn as related to the cation contents of different plant parts. **Plant and soil**, Nijhoff, **75**:29-40, 1983.
- SOUTHARDS, C.J. & MILLER, C.H. A greenhouse study on the macro-element nutrition of the carrot. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Geneva, **81**:335-340, 1962.
- STOYANOV, D. **Boron fertilization**. London, Borax house, **20**(1): 82-88, 1985.
- THIBODEAU, P.O. & MINOTTI, P.L. The influence of calcium on the development of lettuce tipburn. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, **94** (4):372-376, 1969.
- THOMPSON, H.C. & KELLY, W.C. **Vegetable crops**. 5.ed. New York. Mc Graw-Hill, 1957. 611p.
- TIBBITTS, T.W.; SETIAMIHARDJA, R.; PALZKILL, D.P. & OLSZYK, D.M. Calcium relates leaf necrosis of seedling carrots. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, **108**:1017-1019, 1983.
- TRANI, P.E. & DRUGOWICH, M.I. Análise do solo e análise foliar. Campinas, CATI, 1989. 4p. (Tabelas).
- YANAGI, A.A.; BULLOCK, R.M.; CHO, J.J. Factors involved in the development of tipburn in crisphead lettuce in Hawaii. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, **108**:234-237, 1983.